

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR D'ANNABA



FACULTE DE MEDECINE
Département de Médecine

THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES MEDICALES

Spécialité Neurochirurgie

**Facteurs prédictifs des complications des hydrocéphalies traitées
par dérivation ventriculo péritonéale chez le nourrisson et l'enfant
CHU -ANNABA**

Présentée par :

Docteur AMARA KORBA Marouane Fateh
Maître assistant en **Neurochirurgie**
Faculté de médecine d'Annaba.

JURY :

Professeur Sebane Samir (Faculté de médecine de Batna) : Président
Professeur Bouaziz Mourad (Faculté de médecine d'Annaba) : Directeur.
Professeur Amoura Kamel (Faculté de médecine d'Annaba) : Membre.
Professeur Louanchi Malika (Faculté de médecine d'Annaba) : Membre.
Professeur Mansour Abdelkrim (Faculté de médecine d'Annaba) : Membre.

Soutenance Publique le 24juillet 2025

Année universitaire 2024-2025

Avant d'entrer dans le cœur de cette thèse, je tiens à consacrer ces quelques lignes à celles et ceux qui, par leur présence, leur soutien ou leur influence, ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail. Ce projet, bien qu'individuel dans sa rédaction, est le fruit d'un parcours partagé, jalonné de rencontres humaines et professionnelles précieuses. À travers ces remerciements, je souhaite exprimer ma reconnaissance et rendre hommage à tous ceux qui m'ont accompagné sur ce chemin.

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude au Professeur **Bouaziz**, mon encadreur, qui a accompagné chaque étape de mon parcours au sein du service de neurochirurgie du CHU d'Annaba. D'abord en tant qu'interne, puis résident, et aujourd'hui maître-assistant, j'ai eu le privilège de bénéficier de sa présence constante, de son accessibilité, de sa bienveillance, et de son soutien indéfectible, tant sur le plan médical, scientifique que personnel. Sa confiance exigeante, bienveillance et ses conseils avisés ont été des guides précieux tout au long de ce travail, et ont contribué de manière déterminante à son aboutissement.

Je remercie vivement le Professeur **Sebane**, chef du service de neurochirurgie du CHU de Batna, d'avoir accepté de présider ce jury. Sa disponibilité, sa modestie et sa bienveillance m'ont profondément touché. Son expertise reconnue dans le domaine de la neurochirurgie constitue une référence précieuse pour moi et pour de nombreux collègues. Je suis honoré par sa présence et son implication dans cette soutenance, qui témoignent de son engagement envers la formation des jeunes neurochirurgiens et de son souci constant de l'excellence académique.

Mes remerciements les plus sincères vont également au Professeur **Amoura**, doyen de la faculté de médecine et chef du service de bactériologie, dont le professionnalisme exemplaire, la gentillesse et la grande modestie m'ont profondément marqué. Malgré un emploi du temps

extrêmement chargé par ses responsabilités, il a su trouver le temps d'examiner mon travail, y apportant des suggestions précieuses et éclairantes. Son expertise en bactériologie et dans le diagnostic des infections du liquide céphalo-rachidien a contribué à enrichir considérablement cette thèse, et je lui en suis reconnaissant.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à Madame le Professeur **Louanchi**, cheffe du service de neurologie du CHU d'Annaba, pour sa générosité, sa bonté et son humanité, qui ont été pour moi un précieux réconfort tout au long de ce parcours. Son expertise reconnue dans le domaine de l'hydrocéphalie a été un appui scientifique et intellectuel majeur, éclairant ma réflexion et nourrissant ce travail de sa rigueur et de sa profondeur.

Un grand merci au Professeur **Mansour**, neurochirurgien au CHU d'Annaba, que j'ai eu le plaisir de côtoyer dès mes années de résidanat. Son humilité, son sérieux et sa compétence remarquable ont toujours été pour moi une source d'inspiration. Par son exemple et sa bienveillance, il a contribué à forger ma rigueur professionnelle et mon engagement envers la neurochirurgie.

Je tiens également à remercier chaleureusement le **Professeur Othmane** pour ses conseils méthodologiques et statistiques, d'une aide précieuse dans la structuration de ce travail, ainsi que le **Professeur Bouzbid**, dont les orientations pertinentes m'ont permis de rester sur la bonne voie tout au long de cette aventure scientifique.

Ma reconnaissance s'étend à **tout le personnel médical et paramédical du service de neurochirurgie du CHU d'Annaba**, avec une mention toute particulière pour le **Docteur Alimi**, amie précieuse et complice, dont l'aide, le soutien et la loyauté m'ont profondément touché.

Je souhaite également remercier **l'ensemble de mes collègues enseignants**, dont le soutien, la bienveillance et les encouragements constants ont constitué pour moi un levier précieux de motivation tout au long de la réalisation de cette thèse. Leur confiance m'a permis d'avancer avec sérénité et conviction.

Enfin, je remercie l'ensemble du département de médecine, et tout particulièrement son chef, le Professeur **Zerairia**, ami et collègue, dont l'engagement, les encouragements constants et le rôle de véritable mentor ont été déterminants pour mener à bien ce projet.

Dédicaces

À **mes parents**, qui m'ont transmis les valeurs fondamentales du devoir, du sérieux et de la persévérance. Le seul travail qui vaille est celui qui fait briller de fierté, ne serait-ce qu'un instant, les yeux de ses parents.

À **mon beau-père Salah**, dont les conseils avisés et la sagesse m'ont éclairé tout au long de ce travail. Il a été pour moi un guide précieux et inspirant.

À **mon épouse**, qui a toujours été à mes côtés, avec une patience inestimable, un soutien indéfectible et une présence rassurante dans les moments les plus exigeants. Cette thèse te doit plus que des mots ne sauraient dire.

À **mes enfants**, mes champions **Anès** et **Neil**, et ma princesse **Dina**, sources inépuisables de joie, de motivation et d'amour.

À **mon frère Hako**, **ma sœur Meriem**, ainsi qu'à **mes sœurs de cœur Lamia** et **Chérifa**, pour leur affection, leur soutien et leur présence fidèle.

À **Salih et Mehdi**, Compagnons fidèles de route, d'idées et de rêves.

Merci pour votre amitié indéfectible, vos encouragements constants et votre présence précieuse

À **mes grands-parents disparus**, dont la mémoire m'accompagne toujours. Ils auraient tant aimé assister à ce jour. Que Dieu, dans Sa miséricorde, leur accorde le paradis.

Sommaire :

Table des matières

Listes des tableaux	I
Listes des figures	IV
Liste des graphes.....	V
Liste des abréviations	VI
1 INTRODUCTION.....	1
2 GENERALITES THEORIQUES SUR L'HYDROCÉPHALIE.....	4
2.1 Définition	4
2.3 Historique	5
2.5 Anatomie du système ventriculaire	11
2.6 Embryologie.....	16
2.7 Physiologie du LCR	18
2.9 Physiopathologie des hydrocéphalies.....	26
2.11 Physiopathologie	29
2.12 Aspects cliniques :	32
2.13 Diagnostique radiologique :	35
2.14 Prise en charge thérapeutique :	37
2.15 Données actuelles et perspectives futures	51
2.17 Classification de l'hydrocéphalie.....	54
3 COMPLICATIONS DES DERIVATIONS.....	57
3.1 Épidémiologie	57
3.2 Manifestations cliniques.....	60
3.3 Complications abdominales de la DVP.....	73
3.4 Complications infectieuses des DVP	91
3.5 Les complications mécaniques des DVP :	101
3.6 Complications liées au drainage chronique du LCR.....	115
4 MATERIELS ET METHODES.....	123

4.1	Champs d'étude :	123
4.3	Type d'étude :	125
4.4	Population à étudier :	125
4.5	Critères d'inclusion :	125
4.6	Critères de non inclusion :	125
4.7	Critères de jugements	126
4.8	Conception du questionnaire :	127
4.9	Recueil des données :	127
4.11	Équipe de recherche :	129
4.13	Techniques statistiques employées :	130
4.14	Implications éthiques :	131
4.16	Limites de l'étude :	132
5	RESULTATS	133
7	DISCUSSION:	237
8	CONCLUSION	269
9	Références bibliographiques	274
10	Annexes	292
	Résumé de la Thèse	299

Listes des tableaux

Tableau 1 principales complications des DVP	59
Tableau 2 Statistiques descriptive de la variable âge en mois et en années	136
Tableau 3 Répartition des patients selon l'âge (classes) et sexe	139
Tableau 4 Répartition des patients selon l'origine géographique	140
Tableau 6 Répartition des patients selon l'atteinte d'une affection pendant la grossesse.....	145
Tableau 7 répartition des patients selon le Type Hydrocéphalie	146
Tableau 8 Répartition des patients selon le type de malformation associée à l'hydrocéphalie	146
Tableau 9 la relation entre Spina Bifida et Déficit Moteur	147
Tableau 10 Mesure du périmètre crânien (cm)	148
Tableau 11 date de début signes(en mois).	150
Tableau 12 répartition des patients en fonction de la présence de signes cliniques.....	150
Tableau 13 Statistiques descriptives du nombre de signes cliniques	151
Tableau 14 répartition en fonction du Type de signes cliniques :.....	151
Tableau 15 Répartition selon le nombre de signes cliniques	153
Tableau 16 répartition selon le nombre sup ou inf ou égale à trois signes cliniques	153
Tableau 17 :répartition des patients en fonction des explorations radiologiques	154
Tableau 18 :répartition des patients en fonction des causes d'hydrocéphalie.....	156
Tableau 19 Répartition saisonnière des mises en place de la DVP.....	157
Tableau 20 Répartition selon le côté de la DVP	158
Tableau 21 Répartition des patients ayant présenté des complications.	160
Tableau 22 Délais entre chirurgie et complications (en mois).....	160
Tableau 23 :Statistiques descriptives de la variable délai moyen de chirurgie et survenue de complication	162
Tableau 24 délais de complications <5 mois et ≥5 mois.....	163
Tableau 25 relation saisonnalité et complications.....	164
Tableau 26 Types de complications	166
Tableau 27 corrélation de la perturbation des paramètres biologiques chez les patients avec des complications infectieuses	167
Tableau 28 :Prise en charge des complications.....	168
Tableau 29 :taux de mortalité	169
Tableau 30 :répartition des patients décédés en fonction du sexe.....	169
Tableau 31 :répartition des patients décédés en fonction de l'âge	169
Tableau 32 :répartition du type d'hydrocéphalie parmi les patients décédés	170
Tableau 33 : répartition de l'origine de l'hydrocéphalie parmi les patients décédés	171
Tableau 34 Délais entre chirurgie et complications (en mois).....	172
Tableau 35 :répartition des patients décédés en fonction du Côté DVP	173
Tableau 36 : répartition des patients décédés en fonction de la marque de la valve.....	173
Tableau 37 :répartition des patients décédés en fonction du type de complication	173
Tableau 38 : Description des cas de décès	175

Tableau 39 :analyse bivariée des complication avec l'âge et complications avec le sexe	177
Tableau 40 Complications et origine géographique (Wilayas)	178
Tableau 41 Complications et Niveau socio-économique	179
Tableau 42 Complications et niveau d'instruction mère et père	180
43 Complications et ordre dans la fratrie	181
Tableau 44 Complication et Affection pendant la grossesse et voie d'accouchements	182
Tableau 45 Complication et Types d'hydrocéphalies	183
Tableau 46 :relation complication et Malformation	184
Tableau 47 relation complication et périmètre crânien	185
Tableau 48 :relation Complication et signes d'hydrocéphalie	187
Tableau 49 relation complication et type d'imagerie (Echographie, TDM, IRM).	189
Tableau 50 :relation Complication et Année de mise en place de la DVP	190
Tableau 51 relation complication et saison de mise en place de la DVP	191
Tableau 52 relation complication et marque de la valve	192
Tableau 53 Corrélation type de complication et Age moyen et classes d'âge (en mois)	193
Tableau 54 :relation fièvre avec complications	195
Tableau 55 corrélation type de complication et sexe	196
Tableau 56 : corrélation type de complication et origine géographique	198
Tableau 57 corrélation autres types de complication et origine géographique	200
Tableau 58 corrélation type de complication et niveau d'instruction de la mère	201
Tableau 59 corrélation type de complication et niveau d'instruction du père	203
Tableau 60 corrélation type de complication et la marque de la valve	205
Tableau 61 corrélation autres types de complications et la marque de la valve	207
Tableau 62 corrélation type de complication et type d'hydrocéphalie	208
Tableau 63 corrélation autres types de complications et type d'hydrocéphalie	209
Tableau 64 corrélations complication et signes clinique	211
Tableau 65 corrélation entre le nombre de signes cliniques (<3 ou ≥3) et la survenue des complications post-opératoires	213
Tableau 66 Corrélation périmètre crânien et type de complication	215
Tableau 67 corrélations types de complication et nombre de révision	217
Tableau 68 corrélation marque de la valve et type de complication	219
Tableau 69 :corrélation marque de la valve et type de complication	220
Tableau 70 corrélation nombre de révision et classes d'âge (en mois)	224
Tableau 71 corrélation entre le nombre de révision et sexe	224
Tableau 72 corrélation entre le nombre de révision et wilaya de résidence	224
Tableau 73 corrélation nombre de révision et niveau d'instruction de la mère	225
Tableau 74 corrélation nombre de révision et niveau d'instruction de la père	225
Tableau 75 corrélation nombre de révision et la marque de la valve	227
Tableau 76 corrélation nombre de révision et type d'hydrocéphalie	227
Tableau 77 corrélation nombre de révision et signes cliniques	228
Tableau 78 corrélation décès - avec l'âge, et le sexe	230
Tableau 79 relation mortalité et autres facteurs significatives	232

Tableau 80 Modèle final de régression logistique des facteurs significatifs associés aux complications des DVP chez l'enfant	233
Tableau 81 Modèle final de régression logistique des facteurs significatifs prédictifs au décès	235

Listes des figures

Figure 1:valve standard classique (a) PS Medical Delta de Medtronic,(b)valve Sigma Orbis, à débit limite (c)(13)	9
Figure 1 :Claude Galien Histoire de la Médecine .Librairie Arthème Fayard.....	6
Figure 2 :Abulkassim Al Zahrawi (article de la revue numérique el oumma du Dr Mohamed Chtatou).....	6
Figure 3:valve standard classique (a) PS Medical Delta de Medtronic,(b)valve Sigma Orbis, à débit limite (c)(13)	9
Figure 4 valves programmables (a) Medtronic,(b) Codman(13)	10
Figure 5 :anatomie du système ventriculaire cérébral (16)	14
Figure 6 :coupe anatomique à différents niveaux des ventricules latéraux cerebraux (15)	15
Figure 7 TDM cérébrale(iconographie personnelle)	35
Figure 8:IRM cérébrale(iconographie personnelle)	36
Figure 9:pose de dérivation ventriculo externe(42)	39
Figure 10:dispositif de dérivation ventriculo péritonéale(iconographie personnelle)	42
Figure 11 :position décubitus dorsal tête tournée à gauche (iconographie personnelle)	43
Figure 12 :réalisation du trou de trépan pariétal droit (iconographie personnelle)	43
Figure 13 : insertion du cathéter ventriculaire et sa connexion à la valve	45
Figure 14 :incision abdominale transversale para rectale sus ombilicale droite (iconographie personnelle)	46
Figure 15 :tunnelisation à l'aide d'un trocart jetable(iconographie personnelle)	47
Figure 16 :mise en place du cathéter abdominal en sous cutané.....	47
Figure 17:introduction du cathéter dans le péritoine(iconographie personnelle)	48
Figure 18:Fermeture cutanée(iconographie personnelle).....	49
Figure 19:plicature du cathéter ventriculaire(iconographie personnelle)	62
Figure 20:ASP montrant une fracture de cathéter abdominal(iconographie personnelle)	63
Figure 21 mise à nue de la valve à travers l'anus(iconographie personnelle)	84
Figure 22:mise à nue de la valve à travers le vagin(iconographie personnelle)	86
Figure 23:ASP montrant une constipation occasionnant un dysfonctionnement de valve(iconographie personnelle)	88
Figure 24 calcification du cathéter de la dérivation (iconographie personnelle).....	102
Figure 25:collection retro auriculaire de LCR(iconographie personnelle)	112
Figure 26:Déconnexion du cathéter abdominal et la valve(iconographie personnelle)	115
Figure 27:disproportion craniocérébrale (iconographie personnelle)	123
Figure 28 : répartition des patients selon l'origine géographique.....	141

Liste des graphes

graphe 1 Répartition annuelle des cas de dérivation ventriculo-péritonéale.....	133
graphe 2 Répartition des patients selon l'âge (mois)	134
graphe 3 Répartition des patients selon l'âge (années)	135
graphe 4 Répartition des patients selon le sexe.....	137
graphe 5 Répartition des patients selon l'âge et sexe.....	138
graphe 6 Répartition des patients selon niveau d'instruction des patents	142
graphe 7 Répartition des patients selon niveau socio-économique.....	143
graphe 8 Répartition des patients selon l'ordre dans la fratrie	144
graphe 9 Répartition des patients selon le type d'accouchement.....	145
graphe 10 Box plot présentant la distribution du Périmètre Crânien (cm).....	149
graphe 11 répartition en fonction du Type de signes cliniques :.....	152
graphe 12 répartition des patients en fonction des explorations radiologiques	155
graphe 13 : Association de type d'Exploration radiologique	155
graphe 14 répartition des patients en fonction des causes d'hydrocéphalie.....	157
graphe 15 Répartition saisonnière des mises en place de la DVP.....	158
graphe 16 : Répartition selon la marque de la valve :	159
graphe 17 Statistiques descriptives de la variable délai moyen de chirurgieet survenue de complications	163
graphe 18 :relation saisonnalité et complications	165
graphe 19 répartition des patients décédés en fonction du type d'accouchement.....	170
graphe 20 :répartition des patients décédés en fonction de la voie d'accouchement	170
graphe 21 proportion des spina parmi les patients décédés	172
graphe 22 Box plot présentant les complications en fonction du périmètre crânien.....	186
graphe 23 corrélation du nombre de révision et âge (en mois) n=75	223

Liste des abréviations

ADC : Coefficient de diffusion apparent.

ARM/IRM : Imagerie par résonance magnétique.

ASV :valves antisiphon.

CV : Champ visuel. ventriculo cysterno stomie endoscopique (VCS

DCC : Disproportion cranio-cérébrale

DSC : Débit sanguin cérébral.

DVP : Dérivation ventriculo-péritonéale

HIC : Hypertension intracrânienne.

LCR : Liquide céphalorachidien.

LCS : Liquide cérébrospinal..

n : nombre.

OR : Odds ratio.

PEIC : Processus expansif intracrânien.

PIC : Pression intracrânienne.

PL : Ponction lombaire.

RR : risque relatif.

SAPL : Syndrome des antiphospholipides.

SNC : Système nerveux central.

SVS : Syndrome des ventricules fentes.

TDM : Tomodensitométrie.

VAD :dispositif d'assistance ventriculaire

VCS : ventriculo cysterno stomie.

VPS :ventriculo péritonéal shunt

PARTIE THEORIQUE

1 INTRODUCTION

La dérivation du liquide céphalorachidien (LCR) est l'une des interventions neurochirurgicales les plus fréquemment réalisées dans le traitement de l'hydrocéphalie, notamment chez l'enfant. Dans la majorité des cas, il s'agit d'une **dérivation ventriculopéritonéale (DVP)**, qui permet de dériver le LCR des ventricules cérébraux vers la cavité péritonéale.

Cette procédure a permis de **réduire de manière significative la morbi-mortalité** associée à l'hydrocéphalie. Toutefois, elle reste grevée d'un **taux élevé de complications**, au point que près de la moitié des interventions sont des reprises chirurgicales pour dysfonctionnement d'un système précédemment implanté (1). Selon plusieurs études longitudinales, avec un suivi de cinq ans, le taux cumulé de complications de la DVP atteint 32 %, incluant des troubles d'origine mécanique (obstruction, migration, déconnexion), infectieuse, ou fonctionnelle, comme l'hyperdrainage.

Chez les enfants, ces complications sont particulièrement fréquentes : environ **14 % surviennent dans le premier mois**, et **35 à 50 %** des DVP doivent être révisées dans l'année suivant l'implantation (2). Ces reprises répétées affectent non seulement la santé des patients, mais elles représentent également un **fardeau psychologique, éthique et économique**, tant pour les familles que pour le système de santé (2,3).

Des études ont mis en évidence plusieurs **facteurs associés aux complications**, notamment le sexe masculin, le faible âge gestationnel, le jeune âge au moment de la pose, un statut socio-économique défavorisé, l'existence d'hydrocéphalies obstructives, ou encore des échecs répétés de DVP (4).

Dans ce contexte, notre étude prospective vise à examiner de manière approfondie les complications des DVP chez l'enfant, en mettant l'accent sur l'**identification des facteurs prédictifs**. En analysant systématiquement une cohorte pédiatrique au sein du CHU

d'Annaba, nous chercherons à déterminer comment des variables telles que l'âge, la pathologie sous-jacente, les caractéristiques techniques de l'intervention, ou encore le contexte clinique influencent le risque de complications.

L'importance de cette recherche réside dans sa **contribution potentielle à l'amélioration des pratiques neurochirurgicales pédiatriques** : en anticipant les complications, nous pourrions affiner les protocoles de prise en charge, réduire le nombre de réinterventions et optimiser les résultats fonctionnels à long terme. Par ce travail, nous espérons également enrichir les données scientifiques disponibles dans un contexte géographique encore peu étudié, et contribuer à **l'amélioration continue de la qualité des soins** offerts aux enfants atteints d'hydrocéphalie.

2. Problématique et intérêt de la question

L'hydrocéphalie représente une cause fréquente de morbidité neurologique chez l'enfant, et sa prise en charge repose essentiellement sur la mise en place d'une DVP. Bien que cette procédure soit largement répandue et souvent salvatrice, elle reste entachée d'un **taux de complications élevé**, affectant les résultats thérapeutiques et la qualité de vie des patients. Dans ce contexte, **l'identification des facteurs prédictifs de complications** représente un objectif prioritaire. Elle permettrait d'optimiser les décisions chirurgicales, de personnaliser le suivi postopératoire et de réduire les échecs précoces ou tardifs du système de dérivation.

L'intérêt de cette étude repose sur plusieurs axes fondamentaux :

1. Évaluer l'impact clinique et socio-économique des complications

Les complications des DVP sont une **cause majeure de réhospitalisations** et de réinterventions, responsables d'une morbidité accrue et d'une hausse significative des coûts de santé. Anticiper ces complications à travers l'étude des facteurs de risque permettrait la mise en place de stratégies préventives adaptées (4).

2. Identifier les facteurs prédictifs des complications

L'objectif principal de cette recherche est de mettre en évidence, à partir de données cliniques et chirurgicales recueillies de manière prospective, les **éléments influençant directement le**

risque de complications. L'analyse portera notamment sur l'âge, la pathologie causale, la technique opératoire et les conditions générales du patient (5).

3. Améliorer les protocoles chirurgicaux et post-opératoires

Une meilleure compréhension des facteurs prédictifs pourrait **influencer les choix techniques**, le type de matériel implanté, ainsi que les protocoles de surveillance post-opératoire. Ces ajustements pourraient permettre de réduire le taux de dysfonctionnement et d'infection des DVP (6).

4. Adapter les pratiques cliniques au contexte local

Très peu d'études ont été menées dans des hôpitaux maghrébins ou subsahariens sur ce sujet. Ce travail apportera des données inédites sur une population pédiatrique traitée au **CHU d'Annaba**, permettant ainsi d'enrichir les connaissances épidémiologiques locales et de les confronter aux standards internationaux (7).

5. Élaborer un algorithme décisionnel clinique

À partir des résultats obtenus, un **algorithme décisionnel basé sur les facteurs de risque identifiés** sera proposé. Il vise à faciliter la prise de décision clinique en situation postopératoire et à rationaliser les indications de réintervention en cas de complication.

6. Contribuer à la littérature scientifique en neurochirurgie pédiatrique

Ce travail constitue une contribution originale et contextualisée à la littérature internationale, qui reste encore dominée par des études issues de pays à hauts revenus, et vise à promouvoir des stratégies thérapeutiques adaptées aux réalités du terrain (7).

Justificatif scientifique et méthodologique

Cette étude adopte une **méthodologie prospective**, permettant une collecte rigoureuse et structurée des données cliniques en temps réel. Elle repose sur des fondements scientifiques solides, avec l'ambition de **générer des recommandations pratiques** applicables en neurochirurgie pédiatrique. Elle s'inscrit pleinement dans une démarche d'amélioration continue des soins, avec pour objectif final la **réduction des complications**, l'**amélioration du pronostic fonctionnel** et l'**optimisation de la qualité de vie** des enfants atteints d'hydrocéphalie.

2 GENERALITES THEORIQUES SUR L'HYDROCÉPHALIE

2.1 Définition

L'hydrocéphalie est définie comme une distension active du système ventriculaire cérébral résultant d'une circulation inadéquate du liquide céphalorachidien (LCR), depuis son site de production jusqu'à son site d'absorption. Chez l'enfant, cette affection se manifeste souvent par une macrocrânie progressive, accompagnée de troubles neurologiques variés tels que des troubles moteurs, cognitifs et visuels, ainsi que des symptômes généraux comme l'irritabilité et les troubles du sommeil (8) Le traitement neurochirurgical principal consiste en la mise en place d'une dérivation ventriculopéritonéale (DVP), bien que cette approche puisse être associée à des complications telles que l'obstruction mécanique, l'infection ou la migration du matériel implanté.(4)

2.3 Historique

L'hydrocéphalie est une pathologie connue depuis la préhistoire, l'un des cas les plus célèbres étant celui du pharaon Akhenaton (8,9). Le terme « hydrocéphalie » a été employé pour la première fois par Hippocrate (466-377 av. J.-C.), qui attribuait les céphalées, vomissements et troubles visuels à une supposée liquéfaction cérébrale secondaire à l'épilepsie. Galien (130-200 apr. J.-C.) fut le premier à décrire les bases anatomiques et physiologiques du système ventriculaire et la production du liquide céphalorachidien (LCR) par les plexus choroïdes, grâce à ses travaux de dissection animale.

Durant le Moyen Âge, Abulkassim Al Zahrawi (936–1013), connu sous le nom d'Abulcasis, consacra une partie de son œuvre scientifique à cette affection, proposant même des traitements spécifiques. À la Renaissance, Léonard De Vinci réalisa les premières représentations précises du système ventriculaire cérébral à partir de ses dissections anatomiques (8). En 1551, Vesalius rapporta la description pré- et post-mortem d'une fillette atteinte d'hydrocéphalie (8,10). En 1664, Thomas Willis fut le premier à identifier les plexus choroïdes comme les structures responsables de la production du LCR (11). En 1701, Pacchioni décrivit les granulations arachnoïdiennes, mais leur rôle précis dans la résorption du LCR ne fut élucidé qu'en 1738 par Fantoni. En 1842, les recherches de Magendie sur la fosse cérébrale postérieure et la moelle épinière permirent la découverte du quatrième ventricule et du foramen qui porte désormais son nom (foramen de Magendie) (12). En 1913, Walter Dandy élaborait le premier modèle animal expérimental d'hydrocéphalie basé sur l'occlusion de l'aqueduc cérébral, démontrant également que l'hydrocéphalie pouvait être évitée par l'ablation des plexus choroïdes (13).

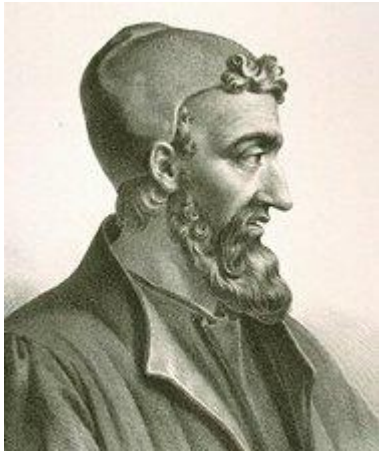


Figure 1 :Claude Galien Histoire de la Médecine .Librairie Arthème Fayard



Figure 2 :Abulkassim Al Zahrawi (article de la revue numérique el oumma du Dr Mohamed Chtatou)

2.3.1 Histoire du traitement de l'hydrocéphalie

Le traitement de l'hydrocéphalie s'est orienté historiquement vers trois stratégies principales : réduction de la production du LCR, amélioration de sa résorption, ou élimination des obstructions.

Traitements conservateurs :

Initialement, des méthodes comme l'application de bandages serrés autour du crâne étaient employées pour limiter l'augmentation du périmètre crânien chez l'enfant, mais elles se sont révélées dangereuses et inefficaces en raison de l'augmentation de la pression intracrânienne induite. Plusieurs publications des XVIIIe et XIXe siècles recommandaient des cures de déshydratation utilisant diurétiques, laxatifs, iodure de potassium ou mercure (calomel). Parmi ces traitements, seul l'acétazolamide demeure encore utilisé de nos jours (8,10).

Drainage extracorporel :

- Ponction ventriculaire (PV) : Bien que les traces de trépanations crâniennes remontent à la période néolithique (environ 10 000 av. J.-C.), la première ponction ventriculaire documentée a été réalisée par Le Cat en 1744, avec insertion d'une mèche représentant une forme primitive de dérivation du LCR (14). En 1917, la technique fut notablement améliorée grâce à l'introduction du trocart en cuivre à pointe arrondie par Dandy et Cushing.
- Dérivation ventriculo-externe (DVE) : Différents matériaux furent utilisés initialement, tels que l'aiguille métallique creuse de Krauss (1911), le tube en caoutchouc de Senn (1903), la gutta-percha, ou encore les mèches en boyau (Cheyne, 1899), en soie ou crin de cheval (Keen, 1891). À partir des années 1970, la DVE remplaça largement la PV grâce à l'apparition de kits préfabriqués, occupant une place majeure en neuroréanimation pour mesurer et gérer la pression intracrânienne, ainsi que pour administrer des traitements intrathécaux.
- Ponction lombaire (PL) : Introduite par Quincke en 1891, cette technique permit initialement de mesurer la pression du LCR et de poser un diagnostic. Cependant, bien qu'elle ait temporairement amélioré certains patients hydrocéphaliques, elle pouvait également entraîner une aggravation fatale chez ceux souffrant d'hydrocéphalies obstructives, phénomène mieux compris au début du XXe siècle (8).
- Réservoir sous-cutané : Développé initialement par Ommaya en 1963 pour l'administration de chimiothérapie, ce dispositif fut adapté par Reckham en 1965 pour le traitement des hydrocéphalies, notamment post-hémorragiques.

Drainage interne :

- Le premier drainage interne avec implantation d'un cathéter fut réalisé en 1893 par Mikulicz (dérivation ventriculo-sous-arachnoïdienne). En 1953, Lazorthes proposa une dérivation antérieure ventriculo-calleuse vers l'espace sous-arachnoïdien.
- Walter Dandy réalisa en 1920 la première ventriculostomie inter-ventriculaire (III-IV). En 1922, il ouvrit chirurgicalement le plancher du troisième ventricule, suivi par

Mixter en 1923 qui utilisa une approche endoscopique. En 1938, Torkildsen établit une dérivation entre la corne occipitale et la grande citerne (ventriculocisternostomie ou dérivation de Torkildsen) (8,10).

- En 1913, Victor Darwin Lespinasse utilisa un cystoscope pour détruire les plexus choroïdes.
- Ferguson en 1889 réalisa la première dérivation du LCR spinal vers la cavité abdominale, suivie par Kausch en 1905 (ventricule latéral vers cavité péritonéale) et Hartwell en 1910 (utilisation d'un tube en cuivre).
- Erwin Payr en 1907 tenta une dérivation vers le sinus sagittal supérieur en utilisant une veine jugulaire interne, méthode abandonnée en raison d'une mortalité élevée.

2.3.2 Histoire des valves dans le traitement des hydrocéphalies

En 1949 Nulsen a développé une valve contenant deux valves à balles et cône avec ressort séparée par une chambre en caoutchouc et avec la collaboration avec Spitz en 1951 été implantée avec succès et ce fut la première valve de dérivation ventriculo-jugulaire en caoutchouc.(9–11)

En 1956 Holter dont le fils était hydrocéphale à développer en quelques semaines une valve en silicone montée sur ressort d'une grande efficacité, ce qui a permis sa fabrication en série.(12)

En 1958 Richard Ames a placé la première valve de dérivation ventriculo-péritonéale en silicone qui a été réitérée sur plus de 120 patients avec d'excellents résultats.

En 1960 Schulte horloger a développé un système de diaphragme qui a été intégré à la valve.(9)

2.3.3 Développement technologique des valves

Après une première génération de valves simples (balle-cône, diaphragme), une seconde génération fut développée pour corriger les problèmes d'hyperdrainage en position verticale : valves réglables (Kuffer et Strub, 1969 ; Hakim, 1973), autorégulatrices (Cordis Orbis-Sigma par Sainte-Rose, 1984), anti-siphon (Heyer-Schulte ASD, 1973), et gravitationnelles (Hakim, 1975) (8).

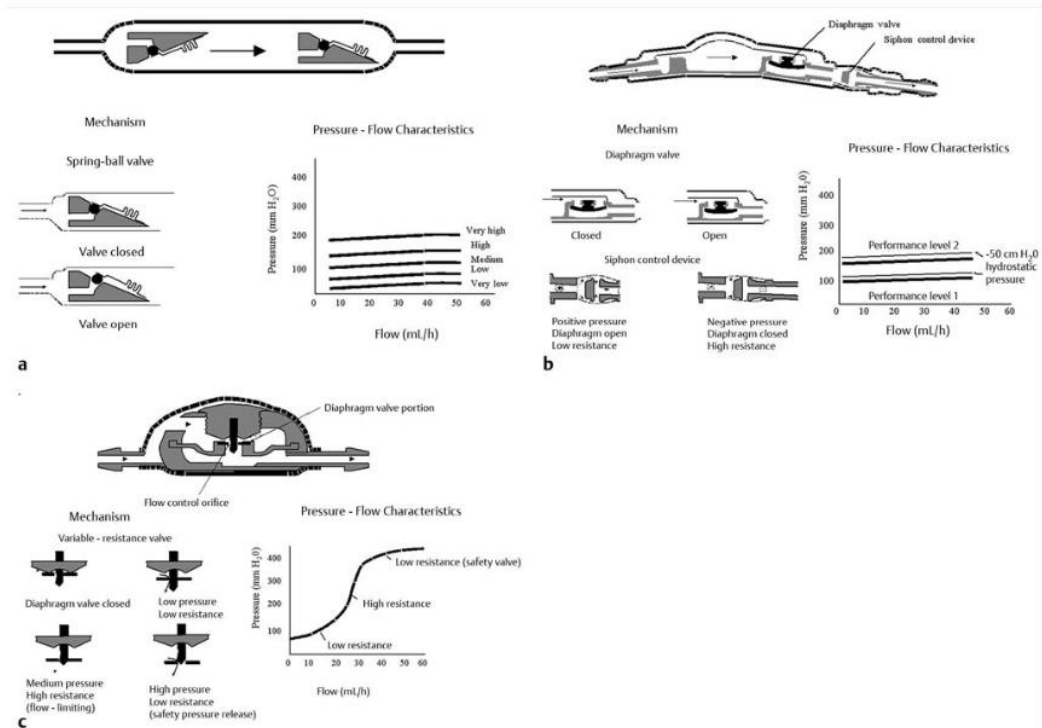


Figure 3:valve standard classique (a) PS Medical Delta de Medtronic,(b)valve Sigma Orbis, à débit limite (c)(13)

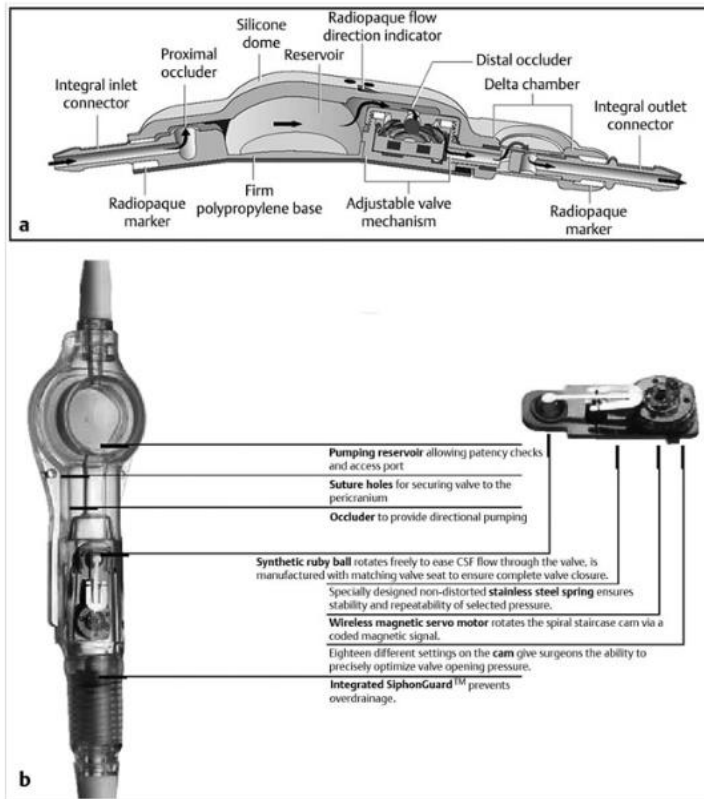


Figure 4 valves programmables (a) Medtronic,(b) Codman(13)

2.5 Anatomie du système ventriculaire

L'anatomie du système ventriculaire cérébral trouve ses premières descriptions dans l'Antiquité. Hérophile et Érasistrate, au III^e siècle av. J.-C., réalisèrent les premières dissections humaines et identifièrent les cavités intracrâniennes, considérées alors comme les réceptacles de l'esprit animal (pneuma psychikon). Cette interprétation fut reprise et approfondie par Galien (130–200 ap. J.-C.), qui leur attribua un rôle central dans les fonctions mentales.

À la Renaissance, Léonard de Vinci (1452–1519) réalisa des injections de cire dans les ventricules d'animaux, aboutissant aux premières représentations précises du système ventriculaire. Andreas Vesalius (1514–1564), dans son ouvrage *De humani corporis fabrica*, corrigea les erreurs de Galien et fournit une description anatomique fidèle des ventricules cérébraux.

En 1764, Domenico Cotugno démontra la présence du liquide céphalo-rachidien (LCR) et la continuité entre les ventricules et l'espace sous-arachnoïdien, jetant les bases de la compréhension actuelle de l'hydrocéphalie (19,20).

Le système ventriculaire comprend quatre cavités interconnectées et remplies de LCR : les deux ventricules latéraux, le troisième ventricule et le quatrième ventricule.

2.5.1 Ventricules latéraux

Implantés dans chaque hémisphère cérébral, les ventricules latéraux adoptent une forme de C. Chaque ventricule se compose de cinq segments : un corps principal, un atrium, et trois cornes : frontale, occipitale et temporale (20,21).

- Le **corps** s'étend dans le lobe pariétal. Il est bordé latéralement par le noyau caudé et le thalamus, et médialement par le septum pellucidum.
- L'**atrium**, situé à la jonction des cornes postérieure et inférieure, présente des structures notables comme le calcar avis.

- La **corne occipitale**, orientée postéro-médialement, est encadrée par le tapetum du corps calleux.
- La **corne temporale** contourne le pulvinar et se dirige vers l'amygdale. Son plancher comprend l'hippocampe.
- La **corne frontale**, antérieure, pénètre le lobe frontal. Elle est limitée par le genou du corps calleux et le septum pellucidum.

2.5.2 Foramen interventriculaire (de Monro)

Le foramen de Monro relie chaque ventricule latéral au troisième ventricule. Il est bordé antérieurement par les colonnes du fornix et postérieurement par le thalamus. Ce canal contient le plexus choroïde ainsi que des artères et veines choroïdiennes (21,22).

2.5.3 Troisième ventricule

Ce ventricule médian du diencéphale communique avec les ventricules latéraux en amont et l'aqueduc de Sylvius en aval.

- Le **toit** est constitué du fornix et de la commissure hippocampique (20).
- La **paroi antérieure** comprend la lamina terminalis, les colonnes du fornix et le chiasma optique (21).
- Le **plancher** s'étend de l'infundibulum à la substance perforée postérieure, subdivisé en trois segments selon Corrales et al. (20,23).
- La **paroi postérieure** abrite la loge pinéale et la commissure postérieure, souvent dilatée en cas d'hydrocéphalie (20).
- Les **parois latérales** sont formées par le thalamus et l'hypothalamus, séparés par le sillon hypothalamique (20,21).

2.5.4 Aqueduc de Sylvius

L'aqueduc de Sylvius relie le troisième et le quatrième ventricule. Étroit et fréquemment obstrué, il est entouré par la substance grise périaqueducale. Bien que mentionné par Galien, sa description détaillée est attribuée à Vesalius (24).

2.5.5 Quatrième ventricule

Situé dans la fosse postérieure entre le tronc cérébral et le cervelet, le quatrième ventricule communique avec la moelle spinale via le canal central, avec la citerne magna par le foramen de Magendie et avec les espaces latéraux par les foramens de Luschka (25).

- Le **toit** est formé des vélums médullaires et de la toile choroïdienne.
- Le **plancher**, en forme de losange (fosse rhomboïde), contient le locus coeruleus, les triangles hypoglosse et vagal, ainsi que l'area postrema (20,25,26).
- Les **cavités latérales**, ou extensions latérales, rejoignent les foramens de Luschka et sont tapissées par la toile choroïdienne (20,25).

2.5.6 Plexus choroïdes

- Dans les **ventricules latéraux**, le plexus choroïde s'insère le long de la fissure choroïdienne jusqu'au glomus, ancré par les teniae thalami et fornicis (21,27).
- Dans le **troisième ventricule**, il se présente sous forme de deux franges parallèles longeant le toit.
- Dans le **quatrième ventricule**, le plexus forme deux branches (sagittale et horizontale) en L inversé, qui émergent par les foramens de Magendie et de Luschka (21,27).

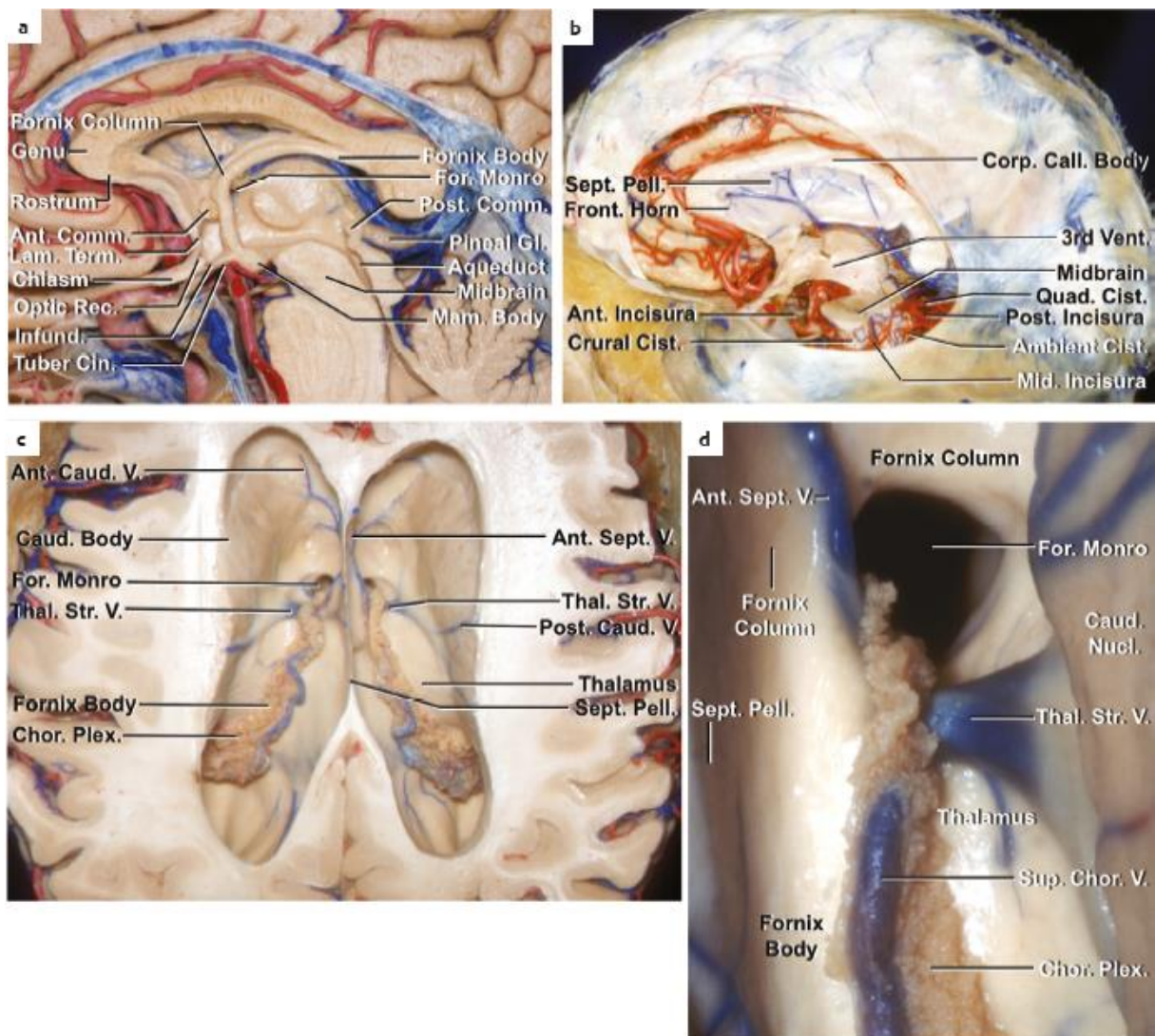


Figure 5 :anatomie du système ventriculaire cérébral (16)

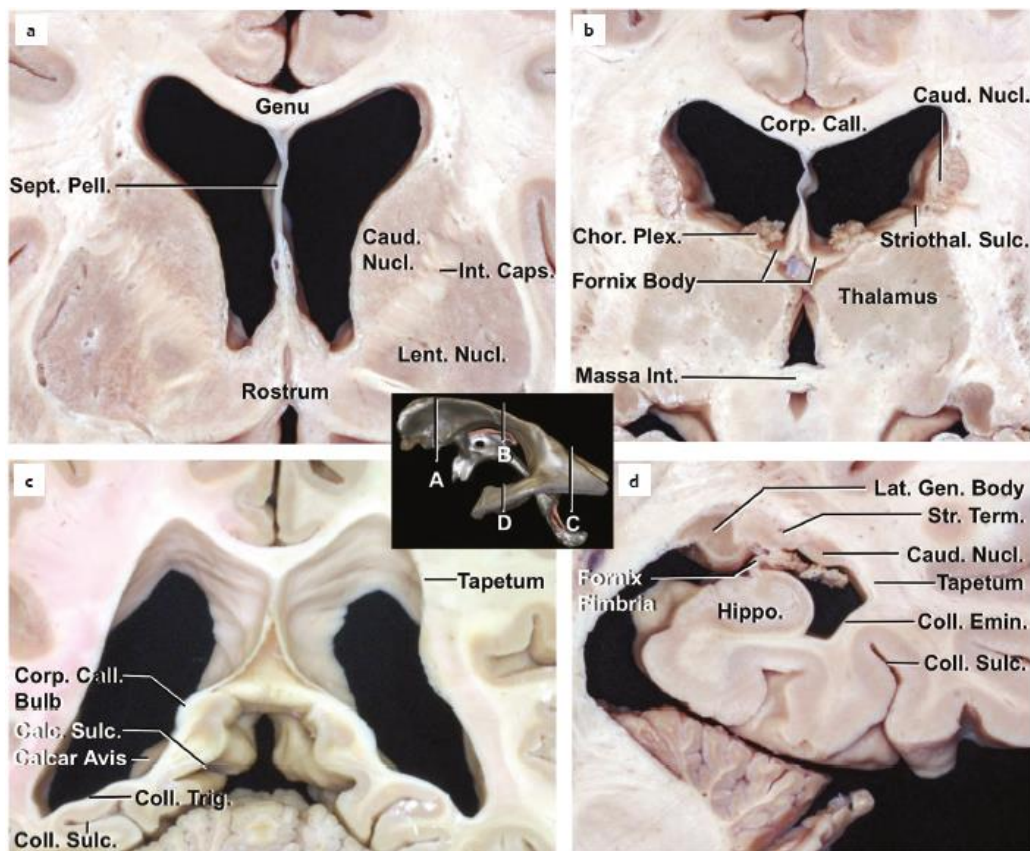


Figure 6 :coupe anatomique à différents niveaux des ventricules latéraux cerebraux (15)

2.6 Embryologie

Après la fermeture du tube neural, trois dilatations se forment à l'extrémité céphalique du tube neural : ce sont les vésicules cérébrales primitives. Ces vésicules, de la céphalique à la caudale, sont :

- Le prosencéphale (cerveau antérieur). À la cinquième semaine de gestation, le prosencéphale donne naissance au télencéphale (hémisphères cérébraux) et au diencéphale.
- Le mésencéphale (cerveau moyen)
- Le rhombencéphale (cerveau postérieur). Donne également naissance au métencéphale (cervelet et pons) et au myélencéphale (bulbe rachidien).

Des cavités subsistent à l'intérieur de ces vésicules en développement, communiquant avec la lumière du tube neural et représentant les futurs ventricules. La cavité du rhombencéphale est le quatrième ventricule, celle du diencéphale est le troisième ventricule et celles du télencéphale sont les ventricules latéraux. La lumière du mésencéphale relie les troisième et quatrième ventricules et devient plus tard plus étroite et connue sous le nom d'aqueduc cérébral [54].

Au cours de la première phase de leur développement, les ventricules subissent une expansion massive et une croissance plus rapide que le tissu cérébral environnant. Lorsque le rapport ventricule/cerveau atteint son maximum, le ventricule prenant la taille de l'adulte, le cerveau commence à dépasser le tissu cérébral.

Le cerveau commence à dépasser la croissance des ventricules et entraîne un changement de la configuration des ventricules vers la forme adulte. Ce processus se déroule dans une direction caudale à rostrale.

La position précise et la forme unique des ventricules cérébraux seraient contrôlées directement ou indirectement par un certain nombre de gènes de structuration et leurs produits. Ces gènes ont fait l'objet d'études plus approfondies dans des modèles animaux, notamment les embryons de poussins et le poisson zèbre. L'un de ces gènes est le morphogène de signalisation neuronale ventrale Sonic Hedgehog (Shh) qui est sécrété par la notochorde. La séparation précoce de la notochorde du cerveau peut conduire à la perte de

l'expression de Shh et à l'effondrement ventriculaire qui s'ensuit. D'autres exemples incluent le gène *h1x1* et la famille des gènes *zic*. Le mécanisme par lequel ces gènes pourraient affecter le schéma ventriculaire n'est pas bien compris. Une théorie, introduite par His, affirme que la forme des ventricules est le résultat d'une prolifération, d'une migration et d'une différenciation cellulaires inégales dans le tube neural, et qu'elle est contrôlée par les gènes de configuration intrinsèques aux différentes régions du cerveau. On a également constaté que la mort cellulaire programmée contrecarrait l'effet de la prolifération cellulaire et contrôlait la formation adéquate des ventricules. Outre cette morphogenèse spatiale des ventricules, de nombreux changements tissulaires spécifiques sont également régulés génétiquement. Cela inclut les changements de forme des cellules et la formation du cytosquelette, le développement de l'adhésion intercellulaire et le maintien des tissus, ainsi que l'ancrage et le soutien épithélial avec la formation de la matrice extracellulaire. Le LCR embryonnaire, qui serait sécrété par des sources neuro épithéliales et non neuro épithéliales (vasculaires), constitue un autre facteur important dans le développement des ventricules. Il joue ce rôle principalement en créant une pression intraluminaire continue qui gonfle les ventricules. Elle contient également un grand nombre de protéines et de facteurs de croissance qui affectent la prolifération et la différenciation des cellules voisines (23).

2.7 Physiologie du LCR

La notion largement répandue que le liquide céphalorachidien (LCR) étant une couche de protection du système nerveux central, est aujourd'hui enrichie, notamment grâce à la biologie moléculaire qui montre que le LCR joue un rôle essentiel dans l'homéostasie du liquide interstitiel du parenchyme cérébral et dans la régulation du fonctionnement neuronal. Les désordres de l'hydrodynamique et de la composition du LCR sont responsables des altérations majeures de la physiologie cérébrale observées dans l'hydrocéphalie et la démence, reflétant l'importance des échanges entre le LCR et l'environnement neuronal.(24)

Les premiers plexus choroïdes apparaissent au 41^{ème} jour dans le 4^{ème} ventricule.

L'épithélium des plexus choroïdes, en continuité avec l'épendyme, provient du tube neural, tandis que l'axe leptoméningé provient du mésoderme paraxial. Le moment où les plexus choroïdes commencent à sécréter du LCR n'a pas été clairement déterminé.

Les villosités arachnoïdiennes se développent à partir de la paroi des sinus veineux intracrâniens.

À partir de la 26^e semaine, les veines cérébrales se dilatent au niveau de leur anastomose dans le sinus sagittal supérieur. Les villosités se forment à la 35^e semaine : le stroma arachnoïdien tapissé d'endothélium fait saillie dans la lumière du sinus sagittal supérieur par une brèche dans la dure-mère. Les vraies granulations arachnoïdiennes apparaissent à la 39^e semaine et continuent à se développer jusqu'à l'âge de 18 mois environ. Les granulations arachnoïdiennes crâniennes sont essentiellement situées au contact de la moitié postérieure du sinus sagittal supérieur et des lacunes veineuses adjacentes et plus rarement au contact des sinus transverse, pétreux supérieur, caverneux. Ces granulations assurent l'essentiel de l'absorption du LCR à la fin de l'organogenèse. Cependant, l'anatomie comparée suggère d'autres sites d'absorption du LCR en l'absence de villosités arachnoïdiennes ou de granulations.(24,25)

Le volume de LCR, estimé à environ 150 ml chez l'adulte, se répartit entre 125 ml dans les espaces sous-arachnoïdiens crâniens et spinaux et 25 ml dans les ventricules, mais avec des variations interindividuelles marquées. La sécrétion de LCR chez l'adulte varie entre 400 et 600 ml par jour. 60 à 75% du LCR est produit par les plexus choroïdes des ventricules latéraux et les toiles choroïdiennes des troisième et quatrième ventricules.

Les plexus choroïdes sont des protubérances méningées granuleuses dans la lumière ventriculaire, dont la surface épithéliale est en continuité avec l'épendyme. Ils sont constitués d'une touffe de capillaires fenêtrés. Les cellules choroïdiennes présentent des microvillosités à leur pôle apical et sont reliées entre elles par des jonctions serrées dont la répartition varie en fonction du site sur la paroi ventriculaire.

La sécrétion choroïdienne du LCR comprend deux étapes :

- La première étape consiste en une filtration passive du plasma des capillaires choroïdiens vers le compartiment interstitiel choroïdien en fonction d'un gradient de pression.
- La seconde étape consiste en un transport actif du compartiment interstitiel vers la lumière ventriculaire à travers l'épithélium choroïdien, impliquant l'anhydrase carbonique et les protéines porteuses d'ions membranaires.

L'anhydrase carbonique cytoplasmique catalyse la formation des ions H^+ et HCO_3^- à partir de l'eau et du CO_2 . Les protéines porteuses des membranes basolatérales des cellules choroïdiennes échangent les ions H^+ et HCO_3^- contre des ions Na^+ et Cl^- . Les pompes ioniques ATP-dépendantes de la membrane apicale expulsent les ions Na^+ , Cl^- , HCO_3^- et K^+ vers la lumière ventriculaire. Le transport de l'eau, facilité par les aquaporines I de la membrane apicale, suit les gradients osmotiques générés par ces pompes. Le cotransporteur $NaK2Cl$ de la membrane apicale génère un transport d'ions dans les deux sens et participe à la régulation de la sécrétion et de la composition du LCR.

Les plexus choroïdes sécrètent des facteurs de croissance qui agissent probablement sur la zone sous-ventriculaire, ce qui pourrait réparer les altérations du tissu liées à l'hydrocéphalie, par exemple. Ils sécrètent les vitamines B1, B12, C, le folate, la beta2-microglobuline, l'arginine vasopressine. 20% des peptides du LCR proviennent du cerveau et leur concentration diminue à mesure que le LCR s'écoule des ventricules vers les espaces sous-arachnoïdiens(26)

Sécrétion extra choroïdienne

La sécrétion extra choroïdienne provient du liquide extracellulaire et des capillaires cérébraux à travers la barrière hémato-encéphalique. Cette voie semble jouer un rôle minime dans les conditions physiologiques. Le LCR peut également provenir de l'épithélium épendymaire,

cible de régulations médiées par des neuropeptides et des facteurs de croissance, qui peuvent être altérés par des changements épendymaires induits, en particulier, par la dilatation ventriculaire.

La composition du liquide céphalo-rachidien n'est pas simplement un ultrafiltrat de plasma. Les concentrations de Na, Cl et Mg sont plus élevées et les concentrations de K et Ca sont plus faibles que celles du plasma. La numération cellulaire du LCR ne dépasse généralement pas cinq cellules par millilitre.

La sécrétion et la composition du liquide céphalo-rachidien sont finement régulées

Une augmentation de la pression intraventriculaire diminue le gradient de pression à travers la barrière hémato-encéphalique et diminue la filtration du plasma, mais les capacités d'adaptation de la sécrétion du LCR à la pression intraventriculaire lors de la phase d'initiation de l'hydrocéphalie sont rapidement dépassées.

Les plexus choroïdes reçoivent une innervation autonome cholinergique, adrénergique, sérotoninergique et peptidergique. Le système nerveux sympathique réduit la sécrétion de LCR, tandis que le système cholinergique l'augmente. Les troubles acido-basiques modifient l'activité de l'anhydrase carbonique, des aquaporines et des protéines transporteuses membranaires telles que le cotransporteur NaK2Cl.

Il a également été démontré que les monoamines et les facteurs neuro peptidiques jouent un rôle. Les récepteurs de la dopamine, de la sérotonine, de la mélatonine, du peptide natriurétique auriculaire (ANP) et de l'arginine-vasopressine (AVP) sont présents à la surface de l'épithélium choroïdien. L'ANP et l'AVP diminuent la sécrétion de LCR, l'ANP agissant sur l'aquaporine I. L'expression variable des récepteurs de l'ANP et de l'AVP en fonction de la dynamique du LCR semble impliquée dans la physiopathologie de l'hydrocéphalie et de la démence de type Alzheimer.

Les diurétiques de l'anse et les inhibiteurs de l'anhydrase carbonique, qui agissent sur les mécanismes enzymatiques pour diminuer la sécrétion et le renouvellement du LCR, pourraient altérer l'environnement neuronal, prédisposant aux troubles neurodégénératifs liés à l'âge chez les personnes âgées.(27)

Circulation du liquide céphalo-rachidien

La circulation du LCR est un phénomène dynamique et sa régulation est responsable de l'homéostasie cérébrale. Le LCR circule des sites de sécrétion vers les sites d'absorption selon un flux unidirectionnel rostro caudal dans les cavités ventriculaires et un flux multidirectionnel dans les espaces sous-arachnoïdiens. Le flux de LCR est pulsatile, correspondant à l'onde de pouls systolique dans les artères choroïdiennes. Le LCR produit par les plexus choroïdes dans les ventricules latéraux passe par les formènes interventriculaires jusqu'au troisième ventricule, puis au quatrième ventricule via l'aqueduc cérébral et enfin jusqu'au les espaces sous-arachnoïdiens via l'ouverture médiane (foramen de Magendie) du quatrième ventricule. Dans l'espace sous-arachnoïdien crânien, le LCR circule en direction rostrale vers les sites d'absorption villositaires ou en direction caudale vers l'espace sous-arachnoïdien spinal. Des études expérimentales ont démontré l'existence d'une communication entre les espaces de LCR et l'adventice des artères cérébrales. Le LCR, partiellement absorbé par les villosités arachnoïdiennes spinales, circule rostralement jusqu'à l'espace sous-arachnoïdien crânien. Le flux de LCR est généré par l'onde de pouls systolique et les ondes respiratoires rapides.

L'organe sous-commissural, une différenciation de l'épendyme à l'extrémité rostrale de l'aqueduc cérébral, semble jouer un rôle dans la circulation du liquide céphalo-rachidien. L'organe sous-commissural synthétise la SCO-spondine, dont la séquence d'acides aminés est phylogénétiquement conservée. La SCO-spondine s'agrège pour former les fibres de Reissner, qui guident la circulation du LCR dans l'aqueduc cérébral. Les rats immunisés contre les fibres de Reissner développent une hydrocéphalie due à une sténose de l'aqueduc cérébral. Chez l'homme, l'organe sous-commissural disparaît tôt au cours du développement. Une anomalie intra-utérine de l'organe sous-commissural pourrait expliquer certaines formes d'hydrocéphalie congénitale.(24)

Absorption du liquide céphalo-rachidien

Le liquide céphalo-rachidien est essentiellement absorbé dans le système jugulaire interne par les granulations arachnoïdiennes crâniennes

Les villosités arachnoïdiennes sont des protubérances de la couche externe de l'arachnoïde, en forme de doigt, bordées d'endothélium, qui traversent la dure-mère dans la lumière des sinus veineux. Le gradient de pression entre les espaces sous-arachnoïdiens et le sinus veineux

nécessaire pour assurer le drainage du LCR est compris entre 3 et 5 mmHg. La pression dans le sinus sagittal supérieur reste relativement constante lorsque la pression du LCR est modifiée expérimentalement .(24,28)

Les villosités arachnoïdiennes spinales en contact avec le plexus veineux épidural représentent une voie d'absorption du LCR en particulier pendant l'effort .Plusieurs types morphologiques de villosités arachnoïdiennes sont présents dans la gaine méningée des racines nerveuses rachidiennes : certaines villosités traversent partiellement et d'autres complètement les membranes dures avec des surfaces d'échange variées selon le degré de plicature de la couche arachnoïdienne. L'absorption villositaire du LCR, que ce soit dans le cerveau ou dans la colonne vertébrale, est un processus dynamique qui adapte le taux de filtration à la pression du LCR. Chez l'homme, les villosités arachnoïdiennes des racines nerveuses lombosacrées augmentent l'absorption du LCR en position verticale en réponse à la gravité, et le LCR absorbé pénètre ensuite dans le système lymphatique.

Le LCR peut également être absorbé par les gaines des nerfs crâniens et spinaux, l'épendyme et le liquide extracellulaire en fonction des gradients de pression. L'absorption vers le compartiment interstitiel se fait via les espaces périvasculaires de Virchow-Robin.

Des surfaces d'absorption du LCR ont été identifiées dans les gaines méningées, en particulier dans les cavités méningées des racines des nerfs rachidiens et crâniens, notamment le nerf trijumeau et le nerf cochléaire. Le nerf optique, dérivé du diencephale, présente un long parcours extra crânien dans sa gaine méningée. Les séquences IRM CISS des orbites pour l'évaluation de l'hydrocéphalie et de l'hyper tension intracrânienne bénigne montrent un épaississement fluide des gaines du nerf optique, visualisé comme un anneau de haute intensité autour du nerf, suggérant une participation à l'absorption du LCR lorsque la capacité des voies de circulation-absorption habituelles a été dépassée.

La plaque cribreuse de l'os ethmoïde a été étudiée de façon particulièrement détaillée et pourrait être impliquée dans les mécanismes de défense immunitaire du cerveau.

La circulation lymphatique serait une voie préférentielle d'absorption du liquide interstitiel cérébral, impliquant successivement les espaces périvasculaires, la gaine arachnoïdienne des fibres du nerf olfactif à travers la plaque cribreuse, la sous-muqueuse nasale et les ganglions

cervicaux cependant le rôle fonctionnel de cette voie lymphatique chez l'homme reste mal connu (24)

Ces sites d'absorptions constituent des voies accessoires lorsque les capacités des villosités arachnoïdiennes crâniennes sont dépassées. Ils sont particulièrement actifs chez le nouveau-né, les villosités arachnoïdiennes immatures ne devenant pleinement fonctionnelles qu'après l'âge de 18 mois, et chez les personnes âgées en raison des changements fibreux des granulations arachnoïdiennes.

Des études anatomiques récentes se sont concentrées sur l'aqueduc cochléaire

L'aqueduc cochléaire, situé dans la partie pétreuse de l'os temporal, établit une communication entre l'espace sous-arachnoïdien de la fosse crânienne postérieure et l'espace péri lymphatique de la cochlée. Cette communication, patente dans 93% des cas, expliquerait l'impact des variations de pression intracrânienne sur la fonction cochléaire, comme les acouphènes survenant en altitude et après dérivation ventriculo-péritonéale. L'élévation de la pression intracrânienne modifie les résultats de certains tests audiolologiques.

1 Taux de renouvellement du liquide céphalo-rachidien

Le LCR est renouvelé quatre à cinq fois par 24 heures chez l'adulte jeune. Le vieillissement se caractérise par une augmentation relative du compartiment du LCR par rapport au parenchyme cérébral en raison de l'atrophie cérébrale et une réduction du renouvellement du LCR à trois fois par jour à l'âge de 77 ans. Les catabolites des neurotransmetteurs et de la bêta-amyloïde s'accumulent dans le compartiment interstitiel, les espaces périvasculaires de Virchow-Robin, l'épithélium choroïdien et l'épendyme au cours du vieillissement, ainsi que chez les patients atteints d'hydrocéphalie chronique de l'adulte (HCA) et de la maladie d'Alzheimer (MA). (24)

Pression du liquide céphalorachidien

La pression du liquide céphalo-rachidien, définie comme la pression intracrânienne en position couchée, est le résultat d'un équilibre dynamique entre la sécrétion, l'absorption et la résistance à l'écoulement du LCR. La pression du LCR peut être mesurée de manière invasive par un transducteur de pression placé dans le parenchyme cérébral ou relié aux espaces de LCR par un drain lombaire externe ou un drain ventriculaire externe. Les méthodes non invasives consistent essentiellement à interpréter le flux vasculaire sur l'échographie Doppler.

Une méthode actuellement à l'étude enregistre l'activité électrophysiologique des cellules ciliées externes de la cochlée. La pression du LCR transmise par l'aqueduc cochléaire influence la pression intra labyrintique et l'activité électrophysiologique des cellules ciliées externes. La surveillance de l'activité des cellules ciliées externes peut donc être utilisée pour surveiller les variations de la pression intracrânienne.

Les valeurs physiologiques de la pression du LCR varient selon les individus et les méthodes d'étude entre 10 et 15 mmHg chez les adultes et 3 et 4 mmHg chez les nourrissons. Des valeurs plus élevées correspondent à une hypertension intracrânienne. La pression du LCR varie en fonction de l'onde de pouls systolique, du cycle respiratoire, de la pression abdominale, de la pression veineuse jugulaire, de l'état d'éveil, de l'activité physique et de la posture. La pression du liquide céphalo-rachidien est déterminée par les pressions parenchymateuse et veineuse.

Avant la fermeture des fontanelles, c'est-à-dire les "fontanelles ouvertes", la plasticité du crâne du nourrisson s'adapte aux augmentations de pression par une augmentation du volume intracrânien conduisant à la macrocéphalie. Après la fermeture des fontanelles, le crâne forme une chambre osseuse rigide. En présence d'une lésion occupant l'espace intracrânien, les réductions compensatoires des volumes sanguins (surtout veineux) et du LCR sont plus actives qu'à l'état de "fontanelles ouvertes".

La capacité du contenu intracrânien à s'adapter aux changements de volume peut être évaluée en mesurant la compliance cérébrale, définie comme le volume nécessaire pour modifier la pression intracrânienne. La compliance cérébrale est mesurée au cours d'un test de perfusion, qui contrôle l'augmentation de la pression intracrânienne générée par la perfusion d'une solution saline dans l'espace sous-arachnoïdien rachidien. La compliance cérébrale est plus élevée chez les femmes et varie avec l'âge. Le volume nécessaire pour décupler la pression intracrânienne est de 8 ml chez le nouveau-né, de 20 ml chez l'enfant de 2 ans et de 26 ml chez l'adulte. Le calcul de la compliance cérébrale doit tenir compte du volume cérébral qui est en moyenne de 335 ml chez le nouveau-né et de 1250 ml chez l'adulte jeune.

La pression du LCR est régulée à tous les niveaux de l'hydrodynamique du LCR : sécrétion, circulation, absorption. L'augmentation de la pression intraventriculaire exerce une rétroaction négative sur la sécrétion choroïdienne en diminuant le gradient de pression à travers la

barrière sang-SCF et en diminuant la pression de diffusion cérébrale. Les neuropeptides (ANP et AVP) semblent également être impliqués. Les concentrations de ces neuropeptides dans le LCR et l'expression de leurs récepteurs dans la choroïde sont des facteurs importants de la sécrétion choroïdienne.

Le LCR joue un rôle essentiel dans l'homéostasie du liquide interstitiel cérébral et de l'environnement neuronal en régulant l'équilibre électrolytique, la circulation des molécules actives et l'élimination des catabolites. Le LCR transporte les produits de sécrétion des plexus choroïdes vers leurs sites d'action. Ce mode de distribution par la circulation du LCR module l'activité de certaines régions du cerveau par imprégnation, alors que la transmission synaptique produit des changements d'activité plus rapides. Les déchets du métabolisme cérébral, les produits de peroxydation et les protéines glycosylées, s'accumulent avec la diminution du renouvellement du LCR liée à l'âge.(24)

2.9 Physiopathologie des hydrocéphalies

2.9.1 Gliose et inflammation

La gliose est un phénomène constant dans l'hydrocéphalie, associée à des phénomènes inflammatoires seraient à l'origine de cicatrices gliales qui jouent un rôle majeur dans l'apparition des problèmes chroniques qui affligent les patients hydrocéphales. De nombreux chercheurs ont suggéré que la formation de cicatrices est un phénomène permanent dans les cerveaux hydrocéphales (29)

Plusieurs études à propos d'hydrocéphalie congénitale et acquise ont montré que les niveaux d'ARN et de protéines de la protéine acide fibrillaire gliale (GFAP) augmentent avec la progression de l'hydrocéphalie et diminuent avec la dérivation du LCR. Aussi il a été montré que la prolifération et l'activation des cellules microgliales augmentaient dans les régions éloignées de la " lésion " corticale, ce qui suggère que la neuro inflammation est liée à l'endommagement de l'ensemble des voies corticales(30). Cliniquement, des niveaux accrus de GFAP ont été trouvés dans le LCR de patients souffrant d'hydrocéphalie à pression normale et ceux qui ont développé une hydrocéphalie secondaire due à une hémorragie sous-arachnoïdienne. Il est probable que la gliose modifie radicalement les propriétés mécaniques du cerveau, de sorte qu'il devienne plus rigide (moins souple) et résistant aux augmentations de la pression et du débit du LCR.

Il existe une relation majeure entre les astrocytes et les canaux aquaporines (AQP), avec un impact majeur sur l'absorption du LCR. Deux AQP du système nerveux central, AQP1 et AQP4, pourraient jouer un rôle dans l'hydrocéphalie et sont donc des cibles médicamenteuses potentielles.

L'AQP1 est exprimée dans la membrane ventriculaire des cellules épithéliales des plexus choroïdes, où elle facilite la sécrétion du liquide céphalorachidien (LCR).

L'AQP4 est exprimée dans les processus de pied des astrocytes et dans les cellules épendymaires qui tapissent les ventricules, où elle semble faciliter le transport de l'eau excédentaire hors du cerveau.

L'expression altérée de ces AQP dans les modèles animaux expérimentaux d'hydrocéphalie et dans des cas limités chez l'homme suggère leur implication dans la physiopathologie de l'hydrocéphalie, comme le montrent les données sur les souris knock-out qui démontrent un

effet protecteur de la délétion de l'AQP1 et un effet délétère de la délétion de l'AQP4 dans l'hydrocéphalie. L'expression de l'AQP4 (mais pas de l'AQP1 ou de l'AQP9) augmente dans le cortex cérébral et l'hippocampe de rats souffrant d'hydrocéphalie induite mécaniquement, ce qui suggère que ce canal hydrique joue un rôle compensatoire dans l'absorption du LCR en cas d'hydrocéphalie. (26,27)

2.9.2 Pulsatilité intracrânienne

Di Rocco et al (31) ont montré que la dilatation ventriculaire peut être causée par une pulsatilité intracrânienne anormale en l'absence d'obstruction physique à l'écoulement du LCR. La pulsatilité intraventriculaire, détectée par des pulsations de LCR dans l'aqueduc sur l'IRM dynamique, est souvent très élevée dans l'hydrocéphalie et peut être un critère diagnostique utile dans l'hydrocéphalie à pression normale. Bien que des auteurs aient proposé des théories sur la cause de ces pulsations élevées, aucune étude n'a établi un lien clair entre les pulsations anormales et la physiopathologie sous-jacente de l'hydrocéphalie. En outre, la dissipation de la pulsatilité artérielle cérébrale, qui se traduit par une pression de pouls capillaire et veineuse minimale (homéostatique), est considérée comme essentielle pour une fonction cérébro-vasculaire normale (32). Les principales artères qui pénètrent dans le crâne sont situées dans les espaces sous-arachnoïdiens remplis de LCR, ce qui permet un couplage et un transfert efficaces des pulsations. Les pulsations peuvent être transférées hors du crâne soit directement par le flux de LCR à travers le foramen magnum dans l'espace sous-arachnoïdien spinal compatible, soit indirectement par couplage au sinus sagittal à l'intérieur de la convexité.(33) Un élément important de la physiopathologie de l'hydrocéphalie est une modification de la compliance intracrânienne, qui peut conduire à une redistribution du mécanisme de dissipation de la pulsation(32). L'augmentation de la pulsatilité capillaire peut avoir plusieurs conséquences physiopathologiques.

Il est important de noter qu'il a été récemment démontré qu'un stress pulsatile excessif peut altérer l'hémodynamique par le biais de changements dans l'homéostasie des cellules endothéliales médiés par l'oxyde nitrique. Une augmentation marquée de l'immuno-réactivité de l'oxyde nitrique synthase a également été rapportée dans un modèle de rat hydrocéphale au kaolin au cours des premières semaines de ventriculo mégalie. Tous ces exemples démontrent

l'importance de la dissipation des pulsations dans le maintien d'une fonction capillaire normale.(33)

2.9.3 Absorption du liquide céphalo-rachidien :

La vision traditionnelle de l'absorption du LCR exclusivement par les granulations arachnoïdiennes dans le sinus sagittal supérieur ou les veines adjacentes aux racines rachidiennes a été remise en question par une série d'expériences. Initialement, les résultats de ces expériences ont été contestés parce qu'elles étaient réalisées sur des animaux ou des cadavres humains et consistaient en des perfusions de Microfil en latex pour révéler les voies potentielles du LCR à partir de l'espace sous-arachnoïdien. Cependant, les dernières études in vivo démontrent clairement que les lymphatiques crâniens, en particulier les voies nasales entourant les nerfs olfactifs, sont capables de transporter de grands volumes de LCR. Plus important encore, ces voies sont altérées chez les rats adultes atteints d'hydrocéphalie communicante.(33,34)

2.11 Physiopathologie

2.11.1 Hydrocéphalie post-hémorragique

L'incidence de l'hémorragie intra ventriculaire (HIV) augmente de façon inversement proportionnelle à la diminution du poids de naissance ou de l'âge. Dans une étude portant sur des nourrissons nés au milieu des années 1990 et pesant moins de 1 500 g, 22 % présentaient une HIV, et un quart de ces nourrissons présentaient une dilatation ventriculaire progressive. Cependant, un tiers de ceux qui ont survécu ont dû subir une dérivation du LCR (35). La matrice germinale est une structure transitoire dans le sous-épendyme des parois ventriculaires qui génère des progéniteurs de cellules neurales pour le cortex sus-jacent, principalement entre la 8e et la 28e semaine de gestation. L'involution de la matrice germinale est terminée à 32 semaines de gestation. La matrice germinale proliférative est une zone métaboliquement active avec des vaisseaux friables et immatures sujets aux hémorragies. De multiples facteurs contribuent à la propension de la matrice germinale à l'hémorragie, et la physiopathologie est incomplètement comprise. Les prématurés ont une autorégulation cérébrale altérée en raison de leur immaturité. Les fluctuations systémiques du volume sanguin, du débit et de la pression qui surviennent couramment chez les prématurés sont transférées à la matrice germinale friable, et il n'y a pas de tampon de l'autorégulation standard. Les faibles niveaux de fibronectine et d'autres matrices extracellulaires contribuent aussi probablement à la propension à l'hémorragie. Après une HIV, l'absorption du liquide céphalo-rachidien (LCR) est altérée, probablement en raison d'une combinaison d'absorption réduite à travers les villosités arachnoïdiennes dans les veines et de l'épendyme dans le parenchyme (35).

2.11.2 Hydrocéphalie post infectieuse

Les infections TORCH (toxoplasme, autres (varicelle, VIH, syphilis), rubéole, cytomégalo-virus et herpès simplex) sont responsables d'infections cérébrales anténatales et peuvent avoir des conséquences très diverses, allant de l'asymptomatique à l'issue fatale. Les parasites envahissent et détruisent l'épendyme des ventricules latéraux, et les débris tombent dans le ventricule et provoquent une obstruction de la voie d'écoulement du LCR(36). L'autre hypothèse largement acceptée est que l'inflammation lepto méningée est la cause principale de l'hydrocéphalie chez ces patients. Dans la méningite bactérienne, la migration des

neutrophiles dans l'espace sous-arachnoïdien suit l'invasion bactérienne. L'exsudat purulent qui en résulte a tendance à s'accumuler dans les sillons rolandiques et sylvaniens au-dessus des hémisphères cérébraux et dans les citernes basales, là où l'espace sous-arachnoïdien est le plus profond et où, vraisemblablement, la circulation du liquide céphalo-rachidien est la plus lente. L'exsudat interfère avec l'absorption du liquide céphalorachidien par les villosités arachnoïdiennes et peut également provoquer une hydrocéphalie obstructive en obstruant les formènes de Luschka et de Magendie. En général, l'obstruction se produit vers la fin de la deuxième semaine de la maladie, lorsque les neutrophiles commencent à dégénérer et que les fibroblastes prolifèrent dans l'exsudat (37) Dans la méningite tuberculeuse, l'hydrocéphalie se produit à cause de l'exsudat inflammatoire qui occupe les espaces sous-arachnoïdiens ou les voies ventriculaires. Dans les premiers stades de la maladie, les exsudats gélatineux épais bloquent les espaces sous-arachnoïdiens de la base du cerveau (notamment les citernes inter-pédunculaires et ambiantes), ce qui entraîne une hydrocéphalie. Les exsudats entraînent une cicatrisation dense des espaces sous-arachnoïdiens dans les stades avancés de la maladie, ce qui conduit à l'hydrocéphalie. L'hydrocéphalie peut également résulter du fait que les exsudats bloquent les granulations arachnoïdiennes qui empêchent l'absorption du liquide céphalo-rachidien (LCR). L'inflammation des plexus choroïdes et de l'épendyme entraîne également une surproduction de LCR dans la phase aiguë de la maladie. Cela contribue également à l'hydrocéphalie et à l'augmentation de la pression intracrânienne. Les sorties du quatrième ventricule peuvent être bloquées par les exsudats ou le tissu cicatriciel leptoméningé, ou en cas d'obstruction de l'aqueduc due à une strangulation du tronc cérébral par des exsudats ou par un tuberculome sous-épendymaire, ce qui entraîne une hydrocéphalie. L'étiologie de l'hydrocéphalie dans la NCC est multifactorielle. Elle comprend la présence de kystes intraventriculaires, de kystes racémiques dans les citernes sous-arachnoïdes basales, d'une obstruction à la sortie du quatrième ventricule due à une méningite kystique basale, et d'une fibrose ou d'une épendymite même en l'absence de kystes .(38)

2.11.3 Hydrocéphalie post-traumatique (HPT)

La ventriculomégalie est fréquente après un traumatisme crânien grave. La dilatation ventriculaire post-traumatique peut avoir un large éventail de facteurs étiologiques : de la perte neuronale due au traumatisme crânien et aux éventuelles agressions ischémiques secondaires à l'obstruction de la circulation du LCR entraînant une hydrocéphalie. Il est important de différencier l'hydrocéphalie post-traumatique de la gliose. Cependant, le diagnostic n'est pas toujours facile à établir (39).

L'HPT peut se développer de manière aiguë en présence d'une hémorragie sous-arachnoïdienne ou une méningite aseptique et entraîner une hydrocéphalie communicante. Ou alors suite à un hématome intracérébral provoquant une obstruction de l'écoulement du LCR par effet de masse. En général, l'HPT se développe dans la phase post-aiguë du traumatisme crânien, des semaines ou des mois plus tard. L'apparition de l'hydrocéphalie est présumée être due à une hémorragie sous-arachnoïdienne. Les espaces sous-arachnoïdiens des patients ayant subi un traumatisme crânien et une hydrocéphalie sont oblitérés par la fibrose ; la destruction épendymaire et la présence d'une gliose sous-épendymaire ainsi que la perte de substance blanche, en particulier autour des ventricules, sont d'autres signes marquants (40).

Des études ont suggéré que l'hydrocéphalie consécutive à une craniectomie décompressive pouvait être liée à une réduction du flux pulsatile de LCR [91]. L'effet du crâne et de la dure-mère sur l'hydrodynamique du LCR a été étudié expérimentalement : la résistance à l'écoulement du LCR après une craniectomie diminue de deux fois et la compliance du cerveau (exprimée par l'indice pression-volume, IPV) augmente [92]. Waziri et al. ont rapporté que la DC peut jouer un rôle d'amortissement de l'onde de pouls du LCR dicrotique chez les patients subissant une DC en raison de la transmission d'une impulsion de pression vers l'extérieur à travers le défaut crânien.

Certaines études ont suggéré que l'altération de l'écoulement veineux résultant d'une craniectomie proche de la ligne médiane est associée à l'hydrocéphalie post-traumatique [94].

2.12 Aspects cliniques :

Sur le plan clinique, la grande majorité des cas d'hydrocéphalie se présentent de l'une des cinq manières suivantes :

1. Lors d'un suivi par imagerie chez le nouveau-né prématuré à risque d'hémorragie : les prématurés, en particulier ceux de très faible poids de naissance, sont souvent surveillés par imagerie cérébrale pour détecter des complications telles que l'hémorragie intraventriculaire, qui peut entraîner une hydrocéphalie.
2. À la suite d'investigations pour une augmentation du périmètre crânien : généralement initiées par un médecin généraliste ou un professionnel de santé.
Chez les nourrissons, une croissance anormale de la tête peut être le premier signe d'hydrocéphalie, conduisant à des examens complémentaires.
3. Après des examens d'imagerie et des investigations réalisées pour des symptômes d'hypertension intracrânienne (HTIC).
Les symptômes d'HTIC, tels que des maux de tête persistants, des vomissements ou une somnolence excessive, peuvent conduire à la découverte d'une hydrocéphalie.
4. À la suite d'un examen fundoscopique de routine , avec identification d'un oedème papillaire induisant un gonflement du disque optique dû à une pression intracrânienne élevée, peut être un signe révélateur d'hydrocéphalie.
5. Découverte fortuite lors d'investigations pour une cause sans rapport, comme un traumatisme crânien .(42)

2.12.2 Symptomatologie de l'hydrocéphalie chez l'enfant

2.12.2.1 Chez le nourrisson (avant la fermeture des fontanelles)

- Augmentation du périmètre crânien :
Une croissance anormale et rapide de la tête est souvent le premier signe. Le périmètre crânien dépasse les percentiles attendus pour l'âge.
- Fontanelle bombante et tendue :
La fontanelle antérieure peut être saillante et ne pas battre au toucher, signe d'une pression intracrânienne élevée.
- Sutures crâniennes écartées :
Les sutures entre les os du crâne peuvent s'élargir en raison de la pression exercée par l'accumulation de liquide céphalo-rachidien (LCR).
- Signes d'irritabilité ou de somnolence :
Le nourrisson peut être difficile à calmer, pleurer de manière excessive ou, au contraire, sembler anormalement somnolent.
- Vomissements :
Souvent projetés et non liés aux repas, ils sont dus à l'augmentation de la pression intracrânienne.
- Retard de développement :
Un retard dans l'acquisition des étapes motrices ou cognitives peut être observé.
- Signes oculaires :
Un regard en "coucher de soleil" (déviation des yeux vers le bas, avec une partie du blanc de l'œil visible au-dessus de l'iris) peut être présent.

2.12.2.2 Chez l'enfant plus âgé (après la fermeture des fontanelles)

- Maux de tête :
Souvent persistants, aggravés le matin ou en position couchée, et parfois accompagnés de nausées ou de vomissements.
- Vomissements :
Comme chez le nourrisson, ils peuvent être projetés et non liés aux repas.

- Troubles visuels :
Vision floue, diplopie (vision double) ou papilloedème (gonflement du disque optique) à l'examen fundoscopique.
- Troubles de l'équilibre et de la marche :
Ataxie (manque de coordination des mouvements) ou difficultés à marcher.
- Changements de comportement :
Irritabilité, apathie, troubles de la concentration ou baisse des performances scolaires.
- Crises d'épilepsie :
Dans certains cas, l'hydrocéphalie peut provoquer des crises convulsives.
- Signes d'hypertension intracrânienne (HTIC) :
Léthargie, somnolence excessive, voire coma dans les cas graves.

2.12.2.3 Formes aiguës vs chroniques

- Hydrocéphalie aiguë :
Installation rapide des symptômes, souvent en quelques heures ou jours. Les signes d'HTIC (maux de tête intenses, vomissements, altération de l'état de conscience) dominent le tableau clinique.
- Hydrocéphalie chronique :
Installation progressive sur plusieurs semaines ou mois. Les symptômes peuvent être plus subtils, avec des troubles du comportement, des difficultés d'apprentissage ou une légère augmentation du périmètre crânien.

2.12.2.4 Complications possibles

- Décompensation aiguë :
Une hydrocéphalie chronique peut se décompenser brutalement, entraînant une détérioration rapide de l'état clinique.
- Retard de développement persistant :
En l'absence de traitement, l'hydrocéphalie peut entraîner des séquelles neurologiques et cognitives à long terme.
- Complications post-chirurgicales :
Infections, dysfonctionnements de la dérivation ventriculopéritonéale (DVP), ou surdrainage.

2.13 Diagnostique radiologique :

2.13.1 Radiographie du crane :

Le signe principal étant les impressions digitiformes témoignant plus des conséquences de l'hyperpression des circonvolutions sur la table interne du crane.

2.13.2 Échographie transfontanellaire :

Largement utilisée en néonatalogie à la recherche d'hémorragie mais aussi de ventriculo-megalie, dont le paramètre le plus important à mesurer est l'index ventriculaire qui représente la distance entre la faux et la partie latérale du ventricule en mm en coupe coronale (43)

2.13.3 TDM :

Examen accessible et facilement interprétable, sans nécessité d'injecter le produit de contraste, permet de poser le diagnostic par la présence ou pas de ventriculo-megalie avec :

- aspect ballonné des cornes frontales des ventricules latéraux.
- présence de cornes temporales dilatées (non visibles dans la norme).
- hyperdensité périventriculaire témoin du passage trans épendymaire du LCR
- Troisième ventricule globuleux
- effacement des sillons corticaux et de la vallée sylvienne (44)

Joue aussi un rôle prépondérant dans le diagnostic de certains dysfonctionnements de valves de dérivation à titre d'exemple les malpositions, les déconnexions ...(42)

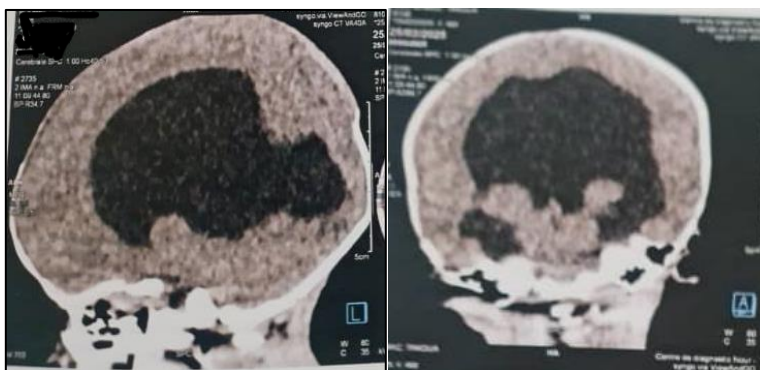


Figure 7 TDM cérébrale(iconographie personnelle)

2.13.4 IRM :

Présente de nombreux avantages dont notamment l'absence de radiations ionisantes mais aussi la visualisation des structures anatomiques cérébrales avec une grande précision telle

que les structure membraneuse comme le plancher du troisième ventricule qui se trouve refoule lors des hydrocéphalie obstructive au niveau de l'aqueduc de Sylvius ,aussi elle permet de voir les cavitations et les lésions kystiques généralement secondaires aux infections ou aux hémorragies voir même des lésions d'origines tumorales ou malformatives (45)

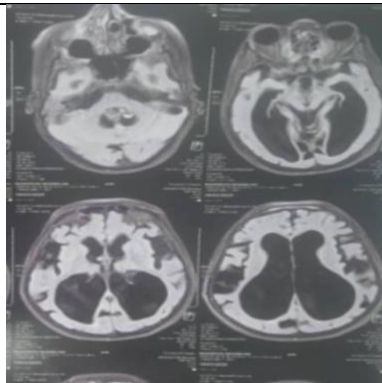
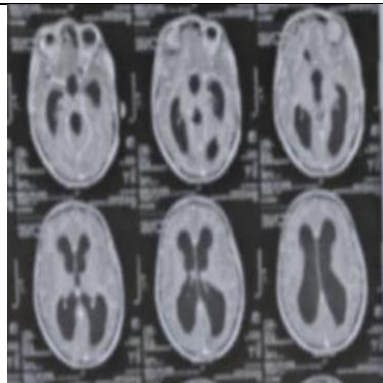


Figure 8:IRM
cérébrale(iconographie
personnelle)



2.14 Prise en charge thérapeutique :

Le traitement de l'hydrocéphalie repose principalement sur la dérivation du liquide céphalo-rachidien (LCR) depuis les ventricules cérébraux vers une autre cavité, intracrânienne ou extracrânienne. Ces dérivations peuvent être réalisées par l'implantation d'une valve ou par la création d'une ouverture (stomie) entre les cavités.

La stratégie de traitement est guidée par la pathologie sous-jacente à l'origine de l'hydrocéphalie. L'objectif principal est toujours d'éliminer la cause primaire et permettre de résoudre également l'anomalie du flux du liquide céphalorachidien (LCR). Cela concerne, par exemple, l'exérèse d'une tumeur ou la fenestration d'un kyste arachnoïdien.

Si cette approche n'est pas réalisable, des options de traitement directes de l'hydrocéphalie doivent être envisagées. Il est alors essentiel de considérer la physiopathologie en distinguant l'hydrocéphalie non communicante de l'hydrocéphalie communicante.

En général, dans l'hydrocéphalie non communicante, l'endoscopie joue un rôle clé en permettant de rétablir la circulation du LCR et la communication entre les compartiments, par exemple grâce à la fenestration d'une membrane.

Pour l'hydrocéphalie communicante, la dérivation du LCR par implantation d'un shunt représente l'option thérapeutique principale. Toutefois, si l'hydrocéphalie communicante est présente mais que certains compartiments isolés nécessitent d'être fenestrés ou connectés au système de shunt, une combinaison de l'endoscopie et de l'implantation d'un shunt sera envisagée. Le lavage neuroendoscopique est devenu une option thérapeutique supplémentaire permettant de débarrasser les ventricules des produits sanguins ou du matériel infectieux. Cette approche vise à réduire la dépendance au shunt et à diminuer le risque de complications ultérieures si une dérivation reste nécessaire.(46)

2.14.1 Mesures temporaires

Les mesures de traitement temporaire sont généralement utilisées chez le nouveau-né. Le dispositif d'assistance ventriculaire (Ventricular Assist Device - VAD) est un réservoir positionné sous la peau, sur l'os, et relié à un cathéter ventriculaire. Ce dispositif peut être ponctionné régulièrement, par exemple à raison de 10 mL/kg de poids corporel par jour, afin de permettre une réduction répétée du volume du liquide céphalorachidien (LCR) (47).

Le shunt ventriculo-sous-galéal (Ventriculosubgaleal Shunt - VSGS) est similaire au VAD, mais avec une sortie supplémentaire menant à une poche sous-cutanée permettant une accumulation de LCR . Ce dispositif est censé améliorer la capacité de résorption du LCR et peut également être ponctionné de manière répétée.(46,48)

Le drainage ventriculaire externe (DVE) permet une dérivation continue du LCR vers un réservoir collecteur relié par un tube dont la résistance est ajustée en fonction de la hauteur. Chez le nouveau-né, il permet également l'élimination des débris du LCR à l'extérieur du système. Cependant, la DVE présente un risque accru de complications infectieuses et doit être évité chez les patients immunodéprimés. De plus, sa manipulation en service hospitalier nécessite une équipe soignante expérimentée afin de prévenir un drainage excessif ou insuffisant et d'assurer une mesure correcte de la pression intracrânienne (PIC).(47)

Chez les enfants plus âgés, la DVE devrait être réservé aux infections, aux patients présentant un état de conscience altéré nécessitant un suivi simultané de la PIC et du drainage du LCR, ainsi qu'aux mesures temporaires, par exemple chez les patients atteints de tumeurs de la fosse postérieure avec hydrocéphalie sévère, afin de stabiliser la pression du LCR avant une intervention majeure (49).

Les mesures temporaires servent généralement à déterminer la nécessité d'un traitement permanent au fil du temps. Chez les nouveau-nés, les critères préalables à l'implantation d'un shunt comprennent un poids corporel suffisant d'au moins 2 kg, une charge protéique du LCR ne dépassant pas 2 g/L et une numération leucocytaire presque normale avec des marqueurs inflammatoires sériques normalisés.(46)

Trois mesures clés pour réduire le risque d'infection :

1. Tunnelisation de la sortie du cathéter sur plus de 2 cm
2. Utilisation d'un cathéter imprégné d'antibiotiques
3. Durée minimale de présence du cathéter

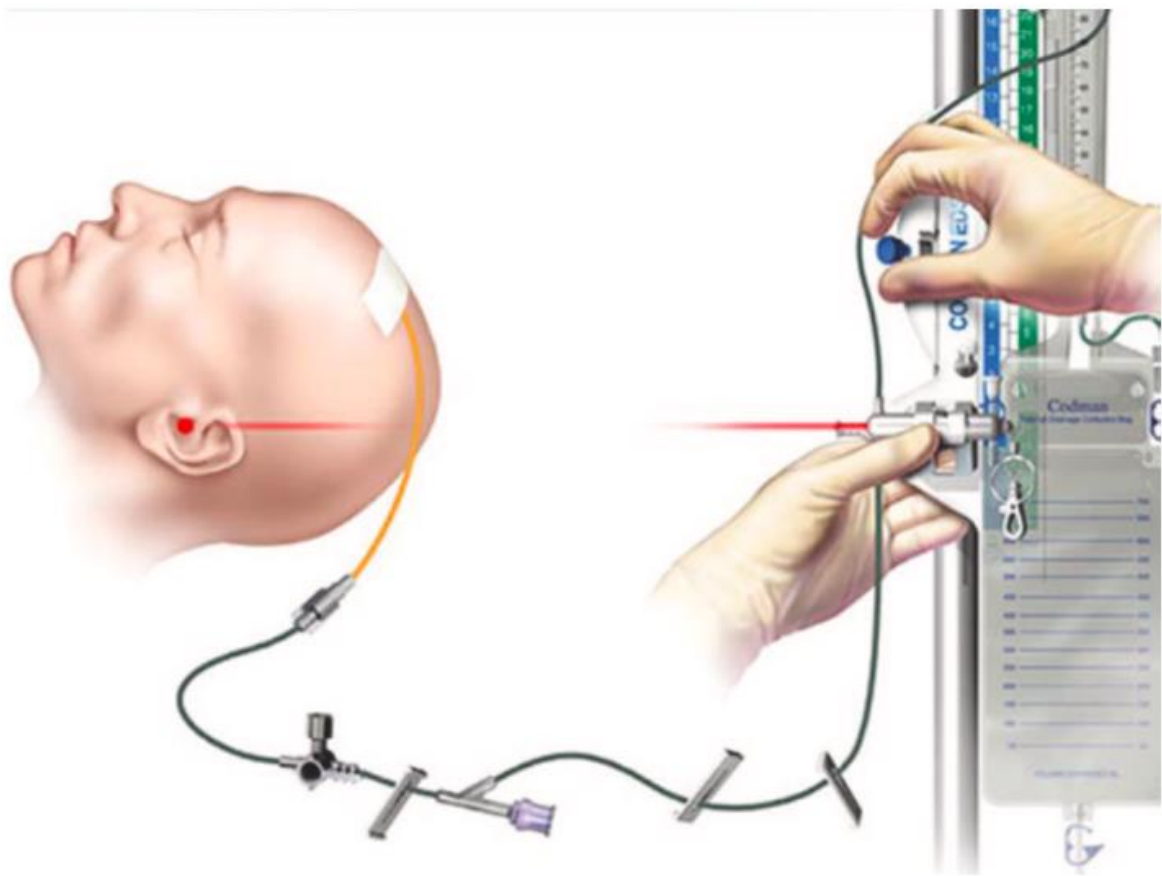


Figure 9:pose de dérivation ventriculo externe(42)

2.14.3 La dérivation du liquide céphalorachidien (LCR) par shunt

La dérivation du LCR du système ventriculaire vers une autre cavité corporelle, le plus souvent le péritoine, à l'aide d'un shunt a été adoptée comme traitement principal de l'hydrocéphalie depuis son introduction dans les années 1960. Aujourd'hui encore, environ 80 % des patients atteints d'hydrocéphalie bénéficient de cette approche thérapeutique.

Historiquement, le traitement par shunt est l'une des plus grandes avancées en neurochirurgie, car avant son introduction, le taux de mortalité et de morbidité lié à l'hydrocéphalie dépassait 80 % (10,12).

Toutefois, malgré son efficacité, le shunt reste un sujet de controverse en neurochirurgie en raison d'une technique chirurgicale perçue comme peu gratifiante et d'un taux élevé de complications potentielles. Le véritable défi de cette intervention ne réside pas tant dans sa réalisation, mais plutôt dans la prévention des complications à court et à long terme. Une compréhension approfondie des limites du shunt, des risques associés et des stratégies de gestion sur le long terme est essentielle pour garantir une prise en charge optimale des patients.

D'un point de vue physiopathologique, le shunt constitue une solution artificielle au problème du drainage du LCR. En effet, alors que la production et la résorption du LCR se font naturellement dans l'espace intracrânien, le shunt dévie ce liquide vers une autre cavité corporelle, située à un niveau différent. Le fonctionnement du shunt dépend de plusieurs facteurs, notamment la position du corps, l'activité physique, la hauteur et le diamètre des tubulures, ainsi que les caractéristiques de la valve utilisée. De plus, les besoins en drainage varient selon la pathologie sous-jacente, ce qui doit être pris en compte dans le choix du système de shunt afin d'assurer une efficacité durable.(46,50)

2.14.4 La dérivation ventriculo-péritonéal (DVP)

La La dérivation ventriculo-péritonéal (DVP) est le plus couramment utilisé pour le traitement de l'hydrocéphalie. Il est composé de trois éléments principaux :

- Un cathéter ventriculaire, inséré dans les ventricules cérébraux, généralement en position frontale ou pariéto-occipitale. Bien que certaines études récentes n'aient pas démontré de bénéfice significatif de l'une ou l'autre des localisations, la question du site d'implantation optimal reste débattue.

- Une valve, intégrée au circuit du shunt, qui permet de réguler le débit du LCR et d'éviter un drainage excessif ou insuffisant.
- Un cathéter distal acheminant le LCR vers la cavité péritonéale, inséré par une incision para-ombilicale . Chez les jeunes enfants, une longueur suffisante (30-40 cm) est nécessaire pour permettre l'adaptation du système à la croissance .(60)

Technique chirurgicale

Avant tout on doit s'assurer du consentement éclairé, sur un formulaire qui doit mentionner et expliquer les risques suivants aux patients ou à leurs familles : infection, hémorragie (AVC), mauvaise position ou échec du cathéter. En cas d'urgence, lorsque le patient est inconscient et qu'aucun représentant légal n'est disponible, il convient de suivre la politique institutionnelle en vigueur.



Figure 10:dispositif de dérivation ventriculo péritonéale(iconographie personnelle)

Positionnement

Dans la salle d'opération, le patient est placé sous anesthésie générale, la tête tournée vers le côté opposé à la dérivation proposée. Le cou doit être étendu avec un traversin sous le cou et l'épaule de façon à ce qu'il y ait presque une ligne droite entre les incisions du cuir chevelu et de l'abdomen . Plusieurs études ont montré que les antibiotiques prophylactiques sont efficaces ; ils sont donc fortement recommandés.



Figure 11 :position décubitus dorsal tête tournée à gauche (iconographie personnelle)

Mise en place du cathéter ventriculaire

Sauf contre-indication (ex : hémorragie ventriculaire droite), le côté droit (hémisphère non dominant) est préféré.



Figure 12 :réalisation du trou de trépan pariétal droit (iconographie personnelle)

Le cathéter ventriculaire peut être inséré par un trou coronal Kocher's point : environ 11 cm en arrière du nasion et 2-3 cm latéralement de la ligne médiane ou un trou pariétal postérieur 2cm derrière l'oreille et 2cm au-dessus de l'oreille

Les mérites relatifs des deux ont été débattus dans le passé. Dans un essai non randomisé avec un suivi de 10 ans a montré la supériorité du trou coronal (12,61,62) , par contre une autre étude randomisée comparant ces deux sites d'entrée a trouvé que 59 % des dérivations insérées par un trou antérieur ont continué à fonctionner après 14 mois, contre 70 % des dérivations insérées par un trou postérieur (63). Cette différence n'était cependant pas statistiquement significative et les auteurs ont conclu que le placement antérieur n'offrait pas d'avantage par rapport au placement postérieur. Le placement antérieur a été soutenu par certains chirurgiens comme étant la méthode préférable lorsque l'insertion endoscopique est effectuée. Une approche antérieure peut permettre une meilleure visualisation du foramen de Monro et la mise en place d'un cathéter par le biais d'un endoscope. Son inconvénient est qu'elle nécessite généralement une incision cutanée supplémentaire derrière l'oreille parce qu'il est difficile de faire une incision directe sous-cutanée depuis l'incision coronale jusqu'au site du cathéter distal.

Traditionnellement, les cheveux dans la zone de l'incision crânienne sont rasés ou coupés. La chirurgie de dérivation avec peu ou pas de cheveux coupés dans ce cas les cheveux sont lavés, préparés et laissés dans le champ opératoire. L'expérience est limitée, mais l'infection n'a pas été un problème significatif. (64)

L'incision du cuir chevelu doit être placée de manière à ce que le matériel de dérivation ne se trouve pas directement en dessous, en particulier chez les patients plus jeunes dont le cuir chevelu est fin. Cela permet de réduire le risque d'érosion de la dérivation à travers l'incision. Si une incision linéaire est souhaitable, elle doit être suffisamment longue afin de rétracter la peau et placer le trou latéralement par rapport à l'incision. Une incision curviligne est une autre option possible.

Lors de la réalisation de l'ouverture dans la dure-mère, il faut veiller à ce qu'elle soit juste assez grande pour permettre le passage du cathéter ventriculaire. Cela réduira le risque de fuite de LCR autour de la tubulure. Une méthode pour créer une petite ouverture durale

consiste à placer une petite aiguille cérébrale contre la dure-mère et à appliquer une coagulation monopolaire de faible intensité sur l'aiguille.(62)

Insérer initialement le cathéter avec le mandrin en place, l'angle d'insertion doit être perpendiculaire à la surface du crâne, avec une profondeur intracrânienne maximale de 5 à 7 cm (repères de 5 et 10 cm sur la plupart des cathéters). En cas de déviation de la ligne médiane au scanner, viser légèrement vers le côté du déplacement. Lors de la pénétration dans le ventricule, un léger "pop" est perçu et du LCR peut s'écouler, si aucune sortie de LCR après 7 cm, ne pas continuer : au-delà de 9-11 cm, le cathéter risque d'atteindre un espace sous-arachnoïdien non souhaité.

Pour minimiser les risques d'obstruction proximale, l'extrémité du cathéter ventriculaire doit être placée loin du plexus choroïde. La plupart des chirurgiens choisissent la corne frontale, mais Sainte-Rose et al ont noté que la probabilité d'obstruction du cathéter ventriculaire est plus faible lorsque le cathéter est placé postérieurement dans l'atrium du ventricule par une voie occipitale.



Figure 13 : insertion du cathéter ventriculaire et sa connexion à la valve

Difficultés et astuces pour obtenir du LCR

- Malposition du cathéter :
 - Ne jamais dépasser 7 cm d'insertion
 - Vérifier une éventuelle déviation latérale en ajustant l'angle d'insertion
 - Reconsidérer le scanner pré-opératoire pour ajuster la trajectoire

- Pression intracrânienne basse :
 - Abaisser la tête du patient (Trendelenburg inversé)
 - Comprimer doucement les veines jugulaires pendant moins d'une minute
 - Injecter 1-2 cc de sérum physiologique sans conservateur pour lever un éventuel bouchon

Tunnelisation sous cutanée pour livrer passage du cathéter abdominal :

On réalise une incision para rectale sus ou sus ombilicale et parfois même peri-ombilicale création d'un tunnel sous la peau pour relier le cathéter abdominal à la valve, avec un trocard

Mise en place du cathéter péritonéal

Le péritoine est l'emplacement préféré du cathéter distal et le plus couramment utilisé. Cette préférence s'explique par le fait qu'il est techniquement facile d'accéder à la cavité péritonéale et que le péritoine est extrêmement efficace pour absorber le LCR. On peut y accéder par une petite laparotomie ouverte et l'ouvrir pour placer le cathéter.



Figure 14 : incision abdominale transversale para rectale sus ombilicale droite (iconographie personnelle)

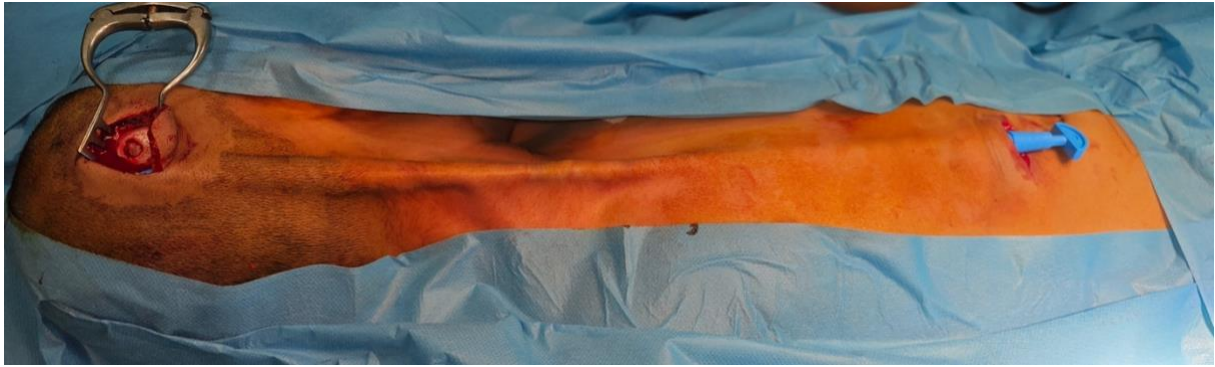


Figure 15 :tunnelisation à l'aide d'un trocart jetable(iconographie personnelle)



Figure 16 :mise en place du cathéter abdominal en sous cutané

Un fil de suture est placé autour du cathéter lorsqu'il pénètre dans le péritoine. Il est également possible d'utiliser un trocart abdominal à travers une incision paramédiane pour la mise en place péritonéale. Nous préférons utiliser un trocart parce qu'il est beaucoup plus rapide, qu'il nécessite une petite incision et qu'il induit moins d'adhérences au niveau du site d'entrée. Les inconvénients comprennent un risque légèrement plus élevé de placement pré-péritonéal et de lésion vasculaire ou viscérale. Un trocart a été utilisé dans 169 (23%) des 764 cas étudiés par Di Rocco et al ; les complications abdominales ont été rares avec chacune des méthodes.^{4,5} Comme mentionné précédemment, la longueur totale d'un cathéter

péritonéal adulte peut généralement être insérée chez le bébé à terme pour permettre la croissance et éviter une procédure d'allongement.(65)



Figure 17: introduction du cathéter dans le péritoine(iconographie personnelle)

- Autres sites distaux

Parfois le péritoine ne peut pas être utilisé pour l'insertion d'une dérivation distale. Les enfants ayant subi plusieurs opérations abdominales, souffrant d'une infection abdominale active (y compris l'entérocolite nécrosante chez les prématurés) ou présentant une pression intra-abdominale chroniquement élevée peuvent nécessiter l'insertion d'une dérivation extra-péritonéale. Le choix de l'un des sites alternatifs dépend de la situation clinique. En général, le deuxième choix est le cœur ou l'espace pleural. Pour les patients ayant déjà subi plusieurs cathéters veineux centraux, il est souvent utile de procéder à une échographie préopératoire pour confirmer la perméabilité du système veineux et déterminer la veine à utiliser pour

l'accès au cœur. L'espace pleural doit être évité chez les jeunes enfants et les enfants souffrant de maladies pulmonaires. La vésicule biliaire est un site utilisé moins fréquemment. Une insertion Trans diaphragmatique d'une dérivation dans l'espace sous-phrénique a été rapportée.(66)

Fermeture

Les sites opératoires sont irrigués avec de l'amikacine dans une solution de lactate de Ringer.

Les deux incisions sont refermées en plusieurs couches à l'aide de sutures.

La fermeture sous-cutanée est préférable.

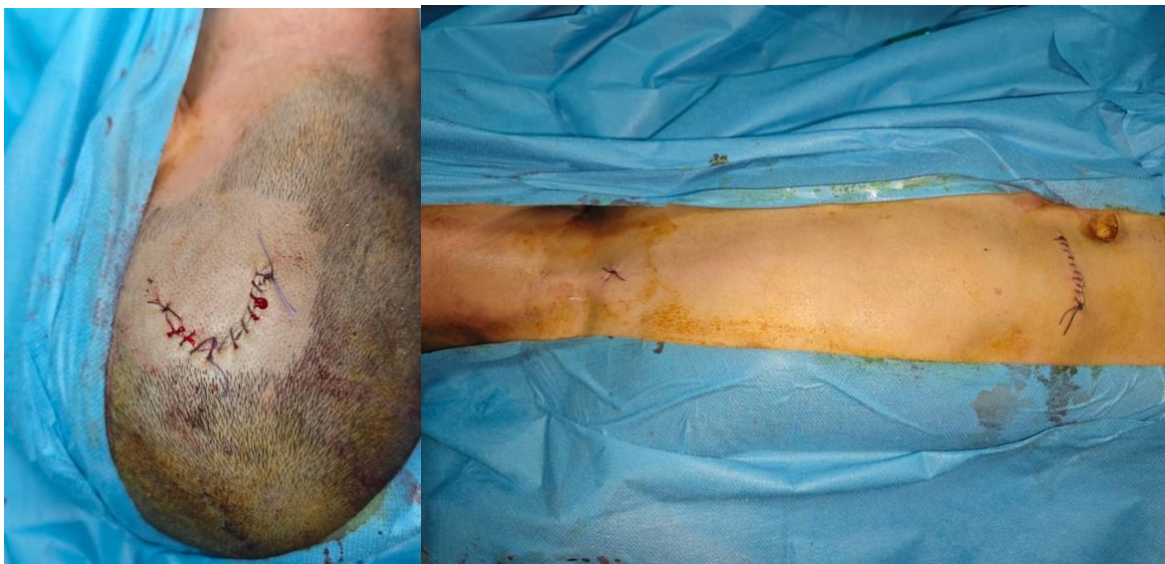


Figure 18:Fermeture cutanée(iconographie personnelle)

Soins postopératoires

En période postopératoire, les enfants sont généralement placés en décubitus dorsal, avec la tête surélevée à 30–45° afin de réduire la pression intracrânienne et limiter l'accumulation de liquide céphalorachidien (LCR) autour de la valve. *Sainte-Rose et al.* recommandent l'application d'un pansement compressif modéré sur la plaie crânienne pour limiter les collections liquidiennes sous-cutanées durant les premiers jours. (7)

Une surveillance hospitalière de 24 à 48 heures est généralement observée après la première implantation d'un shunt, permettant d'évaluer la régression de la fontanelle antérieure et la bonne évolution des cicatrices.

Avant la sortie, un scanner cérébral de contrôle et des radiographies de la dérivation sont recommandés afin de vérifier la continuité du matériel, exclure une malposition, et disposer d'un examen de référence pour un suivi ultérieur.

L'administration d'antibiotiques prophylactiques en périopératoire est largement recommandée. Toutefois, les données actuelles ne permettent pas de conclure quant à la voie idéale ni à la durée optimale. La majorité des études suggèrent que la poursuite au-delà de 24 heures n'apporte pas de bénéfice supplémentaire.

Un protocole d'analgésie adapté doit être mis en place systématiquement. Les pansements ne doivent pas être retirés avant 48 heures postopératoires. Passé ce délai, les soins d'hygiène du cuir chevelu sont possibles, et la plaie peut rester exposée à l'air libre si la cicatrisation est satisfaisante. (63)

2.15 Données actuelles et perspectives futures

La prise en charge de l'hydrocéphalie a connu d'importantes avancées depuis l'introduction des systèmes de shunt dans les années 1960(68). Cependant, malgré ces progrès technologiques et chirurgicaux, le taux de complications associées aux shunts reste élevé, avec environ 30 à 40 % de patients nécessitant au moins une révision dans la première année suivant l'implantation (69).

Bien que cette technique soit largement éprouvée, elle n'est pas sans limites. Les complications courantes incluent l'infection (5–10 %), l'obstruction du cathéter (proximale ou distale), les fuites de liquide céphalo-rachidien (LCR), les hémorragies intraventriculaires et les dysfonctionnements liés à la valve (42)En particulier, l'obstruction proximale du cathéter ventriculaire demeure un défi majeur. Certaines études suggèrent que le positionnement postérieur du cathéter (approche occipitale) pourrait réduire ce risque par rapport à l'approche frontale, grâce à une localisation plus centrale dans le système ventriculaire (66).

L'endoscopie joue un rôle croissant, et représente une alternative dans le traitement des hydrocéphalies notamment dans les formes non communicantes d'hydrocéphalie. La fenestration endoscopique du septum pellucidum ou des kystes arachnoïdiens permet souvent de restaurer la circulation naturelle du LCR et de réduire la dépendance au shunt(70). Toutefois, son efficacité reste limitée aux patients présentant certaines caractéristiques anatomiques favorables, comme une membrane obstructive identifiable et une pression intracrânienne modérée.

Des études comparatives montrent que les enfants âgés de moins de 6 mois peuvent bénéficier de résultats moindres avec l'endoscopie par rapport aux shunts, ce qui souligne l'importance d'une sélection rigoureuse des candidats à cette approche (71).

Les mesures temporaires telles que le dispositif d'assistance ventriculaire (VAD) ou le shunt ventriculo-sous-galéal sont particulièrement utiles chez les nouveau-nés instables. Elles permettent une stabilisation précoce tout en évitant l'implantation prématurée d'un shunt

permanent. Néanmoins, ces systèmes restent associés à un risque accru d'infections, en particulier lorsque leur durée de mise en place dépasse quelques semaines(72).

Des recommandations récentes préconisent une surveillance stricte de la qualité du LCR avant transition vers un shunt définitif, notamment en vérifiant la protéinurie (< 2 g/L), la numération cellulaire et les marqueurs inflammatoires (73)

Innovations technologiques et tendances futures

Shunts programmables et anti-siphons

L'évolution des valves de shunt représente une avancée significative. Les shunts programmables permettent d'ajuster in vivo la pression seuil de drainage, adaptant ainsi le fonctionnement du système aux besoins changeants du patient. De plus, les valves anti-siphons visent à limiter les effets gravitationnels et à prévenir les surdrainages, surtout en position debout(74).

Endoscopie assistée et lavage neuroendoscopique

Le lavage neuroendoscopique des ventricules, notamment après hémorragie intraventriculaire ou infection, s'impose comme une stratégie complémentaire utile. Il permet de réduire la charge protéique et cellulaire du LCR, diminuant ainsi le risque d'obstruction secondaire du shunt(75).

De nouvelles recherches explorent l'utilisation de traitements locaux administrés via des cathéters endoscopiques, tels que des agents fibrinolytiques ou antibiotiques, afin de prolonger la durée de fonctionnement des dérivations (68)

Intelligence artificielle et suivi à distance

Les perspectives futures incluent l'application de l'intelligence artificielle (IA) pour améliorer la planification chirurgicale et prédire les risques de complication. Par ailleurs, le développement de capteurs intégrés dans les shunts pour surveiller en temps réel la pression intracrânienne ou la perméabilité du système constitue une voie innovan.(51)

2.17 Classification de l'hydrocéphalie

La classification de l'hydrocéphalie repose sur plusieurs critères : la physiopathologie du liquide céphalorachidien (LCR), l'étiologie, l'âge d'apparition, la chronicité, et des aspects complémentaires.

1-Selon la physiopathologie du LCR

- **Hydrocéphalie communicante**

Définition : Altération de la réabsorption du LCR au niveau des villosités arachnoïdiennes, sans obstruction anatomique évidente.

Étiologies : Méningites, hémorragies sous-arachnoïdiennes, hydrocéphalie à pression normale (HPN) (3).

- **Hydrocéphalie non communicante (obstructive)**

Définition : Obstruction physique de la circulation du LCR, souvent au niveau de l'aqueduc de Sylvius ou des foramens de Luschka et Magendie.

Étiologies : Sténose aquéducale, tumeurs cérébrales, malformations congénitales (3).

- **Hydrocéphalie hypersécrétoire**

Définition : Production excessive de LCR, généralement due à des tumeurs du plexus choroïde, comme les papillomes (3).

- **Hydrocéphalie ex vacuo**

Définition : Dilatation ventriculaire secondaire à une atrophie cérébrale, observée notamment dans les pathologies neurodégénératives comme la maladie d'Alzheimer (3).

2- Selon l'étiologie

- **Hydrocéphalie congénitale**

Origine : Présente dès la naissance, souvent liée à des anomalies développementales du système nerveux central.

Causes fréquentes : Sténose aquéducale, malformation de Chiari, spina bifida, anomalies génétiques variées (4).

- **Hydrocéphalie acquise**

Origine : Survient après la naissance, en lien avec des événements pathologiques spécifiques.

Causes fréquentes : Traumatismes crâniens, méningites, hémorragies intracrâniennes, tumeurs cérébrales (4).

3- Selon l'âge d'apparition

- **Hydrocéphalie de l'enfant**

Caractéristiques : Fréquemment congénitale, associée à une macrocrânie, fontanelle bombée, retard psychomoteur, irritabilité et troubles du sommeil (5).

- **Hydrocéphalie de l'adulte**

Caractéristiques : Peut être acquise ou congénitale non diagnostiquée. Symptômes principaux : céphalées chroniques, troubles cognitifs, troubles de la marche (6).

- **Hydrocéphalie de l'adulte âgé**

Forme typique : Hydrocéphalie à pression normale (HPN), caractérisée par la triade : troubles de la marche, troubles cognitifs, incontinence urinaire (7).

4- Selon le mode d'installation

- **Hydrocéphalie aiguë**

Développement : Rapide, souvent en lien avec une hémorragie intracrânienne ou une tumeur cérébrale, nécessitant une prise en charge médicale urgente (7).

- **Hydrocéphalie chronique**

Développement : Insidieux, typiquement observé dans l'HPN, avec des symptômes progressant lentement sur plusieurs mois ou années (7).

5- Classifications complémentaires

- **Hydrocéphalie primaire vs secondaire**

- *Primaire* : D'origine génétique ou développementale, sans étiologie clairement identifiable.
- *Secondaire* : Résultant d'une pathologie identifiée, comme une infection, une tumeur ou une hémorragie (3).

- **Hydrocéphalie bénigne externe de l'enfant**

Caractéristiques : Élargissement temporaire de l'espace sous-arachnoïdien chez le nourrisson, sans conséquence clinique sévère, mais nécessitant un suivi médical pour exclure une évolution atypique (6).

3 COMPLICATIONS DES DERIVATIONS

Le terme dysfonctionnement de la dérivation n'est pas bien défini dans la littérature actuelle.

Le point de vue le plus accepté est que l'échec de la dérivation consiste en l'incapacité d'atteindre l'objectif de l'intervention chirurgicale. Dans le cas de la dérivation du LCR, l'échec fait référence à l'incapacité d'obtenir un contrôle approprié de l'hydrocéphalie (par opposition au succès) indiqué par la révision, le remplacement ou le retrait de la dérivation.

Le terme complication désigne tout événement indésirable qui interfère avec le succès escompté de la procédure, y compris les nouvelles insertions, les révisions ou les remplacements de la valve. Les complications peuvent être liées ou non à la technique chirurgicale ou à la valve, et peuvent ou non se terminer par une révision ou un remplacement de la dérivation. Dans de nombreux cas, les termes échec et complication sont utilisés de manière interchangeable dans la littérature. La diversité des dispositifs et des accessoires utilisés pour la dérivation du LCR témoigne de l'absence d'une connaissance rigoureuse des mécanismes impliqués dans la physiopathologie de l'hydrocéphalie et de l'absence de lignes directrices établies pour son traitement. En outre, aucune dérivation du LCR n'a démontré sa supériorité par rapport à d'autres types de dérivation.(1)

3.1 Épidémiologie

Les articles sur le dysfonctionnement des dérivations font état d'un taux d'échec remarquablement constant de 30 à 40 % au cours de la première année. (1)

Di Rocco et al(52) ont publié les résultats d'une sur 773 patients. Deux cent vingt patients (29 %) ont dû être réopérés au cours de la première année:

- 34% des dérivations posées en urgence ont échoué, contre 29% des dérivations posées de manière élective ;
- les taux d'échec étaient les mêmes pour les chirurgiens et les résidents ;
- les patients inconscients avaient un taux d'échec de 40%, contre 30% pour ceux dont l'état de conscience n'était pas altéré ;
- l'insertion d'une dérivation distale par laparotomie ouverte avait un taux d'échec de 32%, contre 24% en cas d'utilisation d'un trocart ;

- les taux d'infection étaient de 6. 7 % pour les patients ayant reçu des antibiotiques prophylactiques et 4,5 % pour les patients n'ayant pas reçu d'antibiotiques prophylactiques ;
- le taux d'échec pour les dérivations insérées dans les 6 premiers mois de la vie (35 à 47 %) semblait être nettement plus élevé que pour les enfants de plus de 6 mois (14 %).

Dans une revue détaillée d'une vaste expérience, Piatt et Carlson ont rapporté 727 opérations de shunt sur une période de 13 ans.⁴⁶ Parmi les 671 shunts linéaires simples, le taux d'échec était de 32% à 1 an. Les shunts simples avaient une meilleure survie que les shunts complexes. L'âge était un facteur de risque significatif d'échec, les enfants de moins de 2 ans présentant un risque plus élevé que les enfants plus âgés. Un autre résultat intéressant était que la révision d'une dérivation après un court intervalle (moins de 6 mois) entraînait un risque d'échec plus élevé que celui des nouvelles dérivations ou des dérivations révisées après un intervalle plus long. La cause de l'hydrocéphalie, la durée de l'opération, l'heure de l'opération et la présence ou l'absence d'épilepsie n'ont pas eu d'effet significatif sur le risque d'échec de la dérivation. La conclusion était que les facteurs sous le contrôle du chirurgien semblaient influencer la survie de la dérivation à un degré moindre que les facteurs intrinsèques au patient⁽⁵³⁾.

Dans leur étude portant sur 1 719 patients, Sainte-Rose et ses collègues ont constaté un taux d'échec de la dérivation de 30 % au cours de la première année (les décès et les infections ont été exclus). Ils ont souligné que différents types d'échec se produisaient à différents moments. Par exemple, la fracture ou la déconnexion de la dérivation avait tendance à se produire tardivement, tout comme la nécessité d'un allongement électif d'un cathéter raccourci. Comme mentionné précédemment, lorsque des techniques d'analyse univariée ont été utilisées, les résultats ont suggéré un taux d'échec plus faible avec une position postérieure de l'extrémité qu'avec une position frontale de l'extrémité du cathéter ventriculaire, et un taux d'échec plus faible pour les valves à fente proximale que pour les valves à fente distale.⁽⁶⁾

Tableau 1 principales complications des DVP

Complications liées au matériel • Obstruction • Rupture • Malposition • Migration • Infection
Complications liées à la dynamique du liquide • Hyperdrainage • Ventricules fente / Syndrome des ventricules fente • Collections sous-durales
Complications intra-abdominales • Infection, péritonite, abcès • Pseudokyste • Complications viscérales (occlusion intestinale, perforation)

3.2 Manifestations cliniques

3.2.1 Signes généraux

La défaillance de la dérivation peut se manifester de plusieurs manières, avec un début rapide ou lent et une évolution variable.

- Le dysfonctionnement du shunt peut apparaître de manière aiguë, avec des signes alarmants de hernie cérébrale, c'est-à-dire une baisse rapide du niveau de conscience, des changements pupillaires, des postures, des épisodes apnéiques et une bradycardie, indiquant que nous sommes face à une situation d'urgence. Les patients qui arrivent ainsi à l'hôpital ont peu de temps pour réfléchir et doivent être pris en charge d'urgence.
- Le plus souvent, la défaillance subaiguë de la dérivation apparaît dans un contexte moins stressant qui permet une évaluation calme et laisse le temps de planifier la prise en charge (médicale ou chirurgicale) appropriée.
- Le dysfonctionnement de la dérivation peut également se présenter avec des manifestations chroniques telles qu'un léger retard psychomoteur, une baisse de la vision, une altération de la motilité oculaire, une démarche instable et des chutes, des changements d'humeur, une baisse des performances scolaires, une augmentation du tonus et des réflexes dans les membres inférieurs, ou des symptômes et des signes d'atteinte du tronc cérébral. (54)

3.2.2 Complications mécaniques

Le dysfonctionnement mécanique est la cause la plus fréquente d'échec de la dérivation du LCR. Son incidence peut atteindre 50 % chez les enfants .(55)

- Le dysfonctionnement de la dérivation peut être dû à l'obstruction du cathéter proximal (la plus fréquente)
- à l'obstruction de la valve
- à l'occlusion du cathéter distal
- à la déconnexion des parties de la dérivation
- à la fracture de la tubulure
- à la migration des cathéters proximaux ou distaux.

Les débris cérébraux, le plexus choroïde, le sang ou les réactions tissulaires occluent souvent les cathéters proximaux. Les ventricules fendus et un mauvais positionnement du cathéter dans le ventricule peuvent également interférer avec le flux à travers le cathéter.

Au contraire, la valve elle-même apparaît comme la partie la plus fiable du système de dérivation. La rupture de la valve elle-même peut survenir sans cause apparente ou faire suite à un traumatisme crânien. L'obstruction du cathéter distal se produit généralement dans les systèmes avec des valves à fente distale et très rarement dans les cathéters à extrémité ouverte (56). Dans des cas exceptionnels, le tube distal peut être occlus par le contenu fécal indiquant une perforation intestinale. Le plissement du tube est également très rare et est toujours dû à une mise en place défectueuse.(40)



Figure 19: plicature du cathéter ventriculaire (iconographie personnelle)

Le détachement des cathéters ventriculaires est presque exclusivement dû à une ligature lâche ou à l'utilisation de sutures résorbables.

Les séparations des cathéters distaux se produisent généralement au niveau de la connexion à la valve. La rupture sous contrainte de la tubulure de dérivation, en un ou plusieurs morceaux, se produit généralement au niveau de la partie supérieure de la tubulure de dérivation.(1)

Au niveau de la partie supérieure de la paroi thoracique et est favorisée par un étirement ou un frottement soutenu ou répété. La rupture et les déconnexions surviennent principalement en cas de biodégradation et de calcification de la surface externe des tubes (Fig. 2.1) causées par

le vieillissement du dispositif. La résistance à la rupture pourrait peut-être être améliorée en incorporant au dispositif de dérivation des tubes d'une plus grande section transversale(57). Les cathéters proximaux, les réservoirs et même l'ensemble de la dérivation peuvent migrer dans le cerveau, la veine, le cuir chevelu ou l'espace sous-galéal. Dans certains cas, la migration du cathéter s'accompagne de celle de la valve .

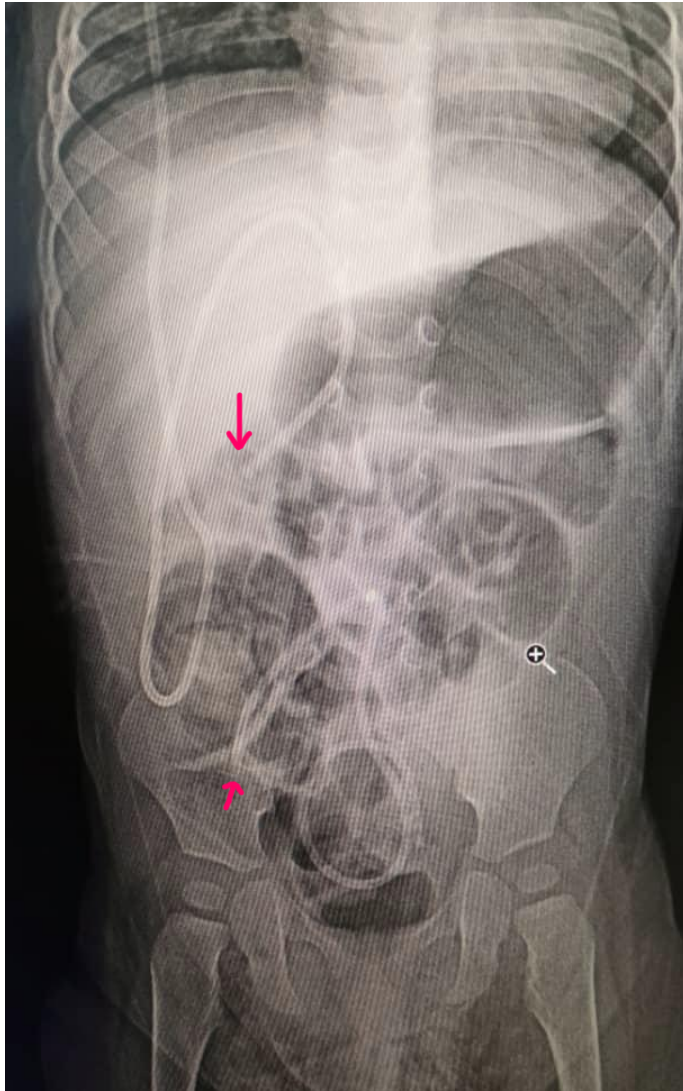


Figure 20:ASP montrant une fracture de cathéter abdominal(iconographie personnelle)

Les cathéters recouverts d'hydrogel (BioGlide) (conçus pour diminuer l'adhésion cellulaire afin de réduire l'obstruction de la dérivation et l'infection) semblent être plus enclins à la déconnexion et à la migration intracrânienne que les dispositifs standard .(58) De la même

manière, le cathéter proximal (et le réservoir ou la valve qui l'accompagne) peut être retiré du ventricule et déplacé vers le bas en direction du tractus sous-cutané. Le cathéter distal peut également être étiré hors du péritoine et migrer vers le tractus sous-cutané abdominal ou thoracique ou dans l'espace pleural, voire suivre une trajectoire ascendante et pénétrer dans le crâne, le ventricule, etc.

Les cathéters distaux détachés ou cassés peuvent totalement migrer et se loger dans la cavité péritonéale.

Des rapports anecdotiques font état de perforations et de migrations de cathéters distaux dans l'intestin, l'estomac, le foie et la vésicule biliaire, le scrotum, la vessie urinaire, l'espace pleural, les bronches et le cœur. La perforation intestinale semble être la forme la plus grave de cette complication. L'extrusion des dérivation peut se faire par l'anus, l'ombilic, la bouche, le vagin, les cicatrices d'opération, la région médio-lombaire, etc.

Toutes ces complications mécaniques se manifestent habituellement par les signes et symptômes rapportés ci-dessus et sont intimement liées à la cavité corporelle où se draine la dérivation (péritoine, plèvre, cœur, colonne lombaire, etc.).(43)

3.2.3 Complications en rapport avec l'âge

Les complications de la dérivation du LCR sont plus fréquentes chez les nouveau-nés et les nourrissons en raison des caractéristiques particulières de ces patients. (1,52)

L'incidence des dysfonctionnements et des infections de la dérivation est plus élevée dans cette tranche d'âge que chez les enfants plus âgés et les adultes. Cette vulnérabilité est due à l'immaturité du cerveau, à la flexibilité du crâne, à la fragilité de la peau et à une immunité compromise.

Chez les nouveau-nés et les nourrissons, l'irritabilité, les vomissements, la diminution de l'appétit et la léthargie, ainsi que la bradycardie et les épisodes apnéiques, indiquent un dysfonctionnement de la dérivation.

La bradycardie et l'apnée constituent une indication très fiable d'une défaillance de la dérivation.

L'examen clinique révèle une croissance anormale du périmètre crânien, un bombement de la fontanelle antérieure, un diastasis de suture, des yeux cernés et des veines du cuir chevelu dilatées .(59)

La palpation de la fontanelle antérieure peut donner une estimation fiable de la pression intracrânienne et est un signe très fiable chez les enfants dont les os du crâne sont ouverts.

Chez les enfants plus âgés et les adultes, l'échec de la dérivation se manifeste par une triade presque constante composée de céphalées, de vomissements et de somnolence .

D'autres plaintes incluent une vision floue ou défaillante, un strabisme, une perte d'appétit, des changements d'humeur et l'apparition de nouvelles crises ou l'augmentation du nombre de crises. (60)

Le diagnostic différentiel chez les enfants qui présentent des symptômes vagues doit être établi par rapport aux maladies infantiles courantes, en particulier les maladies virales gastro-intestinales ou les infections légères des voies respiratoires supérieures. Les enfants sont également enclins à souffrir d'otite moyenne et les personnes atteintes de myéloméningocèle souffrent souvent d'infections urinaires répétées qui peuvent ressembler (ou masquer) à celles d'une défaillance de la dérivation.

Plus rarement, le dysfonctionnement de la dérivation évolue avec des caractéristiques cliniques chroniques et subtiles telles qu'une vision défaillante, des changements d'humeur et de comportement, une démarche maladroite, des chutes fréquentes, une régression ou une stagnation des étapes du développement, ou même une progression scolaire déficiente.

L'examen clinique peut montrer un œdème papillaire, une paraparésie spastique, un hypertonie , une hyperréflexie, une paralysie uni- ou bilatérale du sixième nerf crânien, une défense cervicale, une rigidité rachidienne, un érythème, des pseudotumeurs palpables ou des accumulations de liquide le long de la dérivation

La rupture ou la déconnexion du cathéter distal peut être diagnostiquée en palpant l'ensemble de la dérivation le long de la trajectoire à travers le tissu sous-cutané. La calcification partielle des cathéters distaux indique une dégradation du tube et doit faire suspecter une rupture du cathéter avec ou sans migration intra-abdominale .

Dans les dérivations péritonéales, les caractéristiques d'un mauvais fonctionnement de la dérivation dans la cavité abdominale sont généralement les plus frappantes .

Il existe un groupe de patients pédiatriques qui sont admis à plusieurs reprises à l'hôpital en raison d'échecs répétés de la dérivation . La principale cause de dysfonctionnement récurrent est l'obstruction du cathéter proximal. Les facteurs de causalité connus pour cette complication sont un âge plus jeune au moment de l'insertion, un drainage excessif, d'autres interventions chirurgicales concomitantes et certaines causes d'hydrocéphalie (3).

3.2.4 Délais entre dérivation et complications

La majorité des complications précoces surviennent au cours de la première année suivant l'insertion de la dérivation et sont liées à l'âge et à l'état du patient, à la technique chirurgicale et à la fonction de la dérivation elle-même. Les raisons les plus fréquentes d'échec précoce, tant chez les enfants que chez les adultes, sont l'obstruction du cathéter proximal et l'infection de la dérivation (61).

Le dysfonctionnement tardif de la dérivation est presque exclusivement dû à :

- un blocage proximal ou distal du cathéter
- une fracture ou à une déconnexion en relation avec des problèmes liés au vieillissement du matériel implanté
- une infection tardive.

Le risque d'échec de la dérivation diminue avec le temps, tant pour les nouvelles dérivations que pour les dérivations révisées : « Plus une dérivation fonctionne longtemps, moins elle risque de tomber en panne . Le taux d'infection de la dérivation diminue également avec le temps. Mc Girt a rapporté un taux d'échec de 14 % pour toutes les dérivations au cours du premier mois suivant l'implantation de la dérivation et un taux de 5 % seulement après 4 ans Il est évident que le raccourcissement du cathéter distal dû à la croissance de l'enfant est également une cause tardive d'échec de la dérivation liée à l'âge.(62)

3.2.5 Rôle de l'étiologie de l'hydrocéphalie dans l'échec de la dérivation

Les différentes études ne s'accordent pas sur le rôle joué par l'étiologie de l'hydrocéphalie dans le taux de complications ultérieures de la dérivation. Certaines ne trouvent aucune différence entre les diverses causes d'hydrocéphalie dans la survenue d'échecs de la dérivation. Cependant, d'autres rapportent un taux plus élevé de dysfonctionnement de la

dérivation chez les patients présentant une hémorragie intraventriculaire, une méningite ou une tumeur(1).

Le taux de complications graves est plus élevé chez les patients atteints de myéloméningocèle et présentant une malformation de Chiari II au moment du dysfonctionnement de la dérivation(63).

3.2.6 Comment l'infection de la dérivation se manifeste-t-elle ?

L'infection de la dérivation ventriculaire est une complication fréquente qui entraîne une morbidité et une mortalité élevées. Une étude récente sur l'infection après une première dérivation du LCR chez l'enfant, comprenant 7 071 enfants, a rapporté 825 infections avec 4434 révisions de dérivation. Au cours d'un suivi de 24 mois, les taux d'infection de la dérivation du LCR étaient de 11,7 % par patient et de 7,2 % par procédure. Les facteurs de risque d'infection significatifs ($p < 0,05$) comprenaient le jeune âge, le sexe féminin, la race afro-américaine, l'assurance publique, l'hémorragie intra-ventriculaire, les maladies chroniques complexes respiratoires, les révisions ultérieures, le volume de l'hôpital et le nombre de cas traités par le chirurgien (64). Les facteurs prédictifs d'infection dans une cohorte de 979 patients ayant subi une dérivation, 130 (13 %) comprenaient une croissance bactérienne dans le LCR, dont 58 (5,9 %) ont eu un diagnostic final d'infection de la dérivation. Les facteurs de risque de contamination de la dérivation comprennent une dérivation chirurgicale récente (<90 jours), de la fièvre, des douleurs abdominales, une fuite de LCR et un érythème ou un gonflement le long de la dérivation. Pour ces auteurs, la présence de fièvre et de leucocytose ($>15\ 000$) est une caractéristique importante qui permet de distinguer l'échec de la dérivation de l'infection de la dérivation après une nouvelle pose ou une révision de la valve.(65)

La plupart des manifestations cliniques d'une défaillance de la dérivation ne permettent pas de distinguer avec certitude le dysfonctionnement de l'infection, sauf dans les cas où les caractéristiques cliniques et les tests de laboratoire de l'infection de la dérivation sont clairement identifiables :

- La rigidité du cou
- Le gonflement
- L'érythème ou cellulite autour de la dérivation

- Fuite de LCR ou l'écoulement franc de pus par l'incision chirurgicale.

Les caractéristiques franches correspondant à la contamination d'une plaie sont rarement présentes. Les infections de bas grade par des staphylocoques à coagulase négative ou d'autres micro-organismes cutanés représentent la majorité des contaminations de shunts, mais dans ces cas, les caractéristiques cliniques évidentes de l'infection, même l'hyperthermie, sont généralement absentes.

Dans le cas des dérivations péritonéales (VP ou LP), les symptômes et les signes d'infection liés à l'abdomen sont généralement les plus évidents. Les patients se plaignent souvent de douleurs et de distension abdominales, de nausées et de vomissements ou de constipation. A l'examen, il peut y avoir une sensibilité abdominale, une garde et une distension en cas de péritonite ou d'ascite ou une masse palpable dans le cas d'un pseudo kyste.(1)

Une technique chirurgicale méticuleuse et des mesures d'asepsie extrêmes sont considérées comme cruciales pour la prévention de la contamination des dérivations [13, 82]. Les modifications des techniques chirurgicales comprennent (3):

- La réduction du personnel dans la salle d'opération
- La dérivation comme premier cas de la journée
- L'utilisation de draps adhésifs sur la peau
- Le double gantage
- La préparation du champ opératoire
- La technique sans contact
- Le bain des composants de la valve avec une solution antibiotique
- La fermeture méticuleuse de la plaie pour éviter les fuites du LCR
- Antibiotiques prophylactiques par voie intraveineuse (66)

3.2.7 Signes en rapport avec un drainage insuffisant :

Les symptômes et les signes de sous-drainage du LCR sont ceux liés à l'hypertension intracrânienne.

Le sous-drainage est le plus souvent dû à l'utilisation d'une valve de pression supérieure à celle nécessaire pour le patient. L'utilisation de dispositifs de réduction du siphonnage ou de valves à débit contrôlé, en particulier chez les nourrissons et les jeunes enfants, peut également entraîner une diminution du drainage. Les situations d'augmentation de la pression

dans la cavité de drainage peuvent également entraîner un sous-drainage, par exemple une augmentation de la pression péritonéale, des tumeurs abdominales, de la constipation, etc. (5)
Le drainage peut également être affecté par une absorption inadéquate du LCR hyperprotéique par le péritoine, entraînant une ascite.(67)

3.2.8 Signes en rapport avec un hyperdrainage :

Le symptôme le plus fréquent de l'hyperdrainage du LCR est la céphalée orthostatique qui est généralement soulagée par la position horizontale. Souvent, les céphalées orthostatiques apparaissent peu de temps après l'insertion ou la révision de la dérivation et s'atténuent avec le temps, sans nécessiter d'autre traitement. Chez les nouveau-nés et les nourrissons présentant un drainage excessif du LCR, la fontanelle peut être enfoncée et les sutures se chevauchent (Fig. 2.7). Les bébés peuvent également présenter une diminution de l'appétit et une hypotonie du tronc.

Les hématomes sous-duraux symptomatiques sont exceptionnels à cet âge.

Le plus souvent, un drainage excessif chez les enfants plus âgés et les adultes induit la formation de collections sous-durales de liquide ou d'hématomes sous-duraux chroniques par drainage excessif du LCR. Ces collections extra-axiales peuvent être asymptomatiques ou provoquer des déficits neurologiques focaux. On pense également que le drainage excessif du LCR est à l'origine d'épisodes récurrents d'obstruction du cathéter proximal avec dysfonctionnement associé de la dérivation.(1)

L'énophtalmie peut être un signe tardif d'hypotension intracrânienne liée à un hyperdrainage du LCR(68).

Le ventricule fente et le syndrome du ventricule fente (SVF) ont fait l'objet de nombreuses études concernant la pathogenèse et la prise en charge. Les ventricules fente, souvent détectés par l'imagerie de routine, sont généralement asymptomatiques et ne nécessitent pas de traitement chirurgical. En revanche, le SVF provoque des symptômes graves tels que des maux de tête incapacitants, des vomissements, des changements d'humeur, une vision défaillante, une syncope et une confusion mentale avec des changements variables de l'état de conscience. Dans les cas graves, il peut y avoir des signes imminents de coma, de hernie cérébrale avec bradycardie, apnée, pupilles fixes et posture. Le SVF a été signalé comme étant

exclusif aux patients d'âge pédiatrique, mais les caractéristiques de cette affection peuvent également être observées chez les adultes

Une autre manifestation de l'hyperdrainage la disproportion crânio-cérébrale et désigne une forme particulière de synostose crânienne fonctionnelle ou structurelle qui entraîne une compression cérébrale (69)

3.2.9 Complications hémorragiques de la DVP

Une hémorragie intraventriculaire peut se produire au moment de la ponction du ventricule avec le cathéter proximal.

L'hémorragie ventriculaire constitue l'événement indésirable chirurgical le plus redouté lors des révisions de cathéters proximaux. Ces cathéters adhèrent généralement au plexus choroïde ou aux parois ventriculaires., plusieurs manœuvres sont aptes à diminuer l'éventualité d'une hémorragie intraventriculaire, comme la rotation douce du cathéter tout en le retirant lentement(70)

Le cathéter peut également être laissé en place si l'on sent qu'il est fermement collé dans la veine.

Les hématomes intraventriculaires graves constituent une complication extrêmement rare de la dérivation du LCR qui nécessite une EVD et probablement des injections intra-ventriculaires d'urokinase pour accélérer la lyse des caillots (70)

Une hémorragie corticale peut également survenir lors de l'ouverture de la dure-mère. Ces hémorragies superficielles n'ont généralement pas de conséquences cliniques et les patients ne présentent aucun symptôme.

Les hématomes sous-duraux peuvent être observés chez les patients ayant une grosse tête et un parenchyme fin après la dérivation, comme c'est le cas chez les enfants atteints de macrocéphalie et de gros ventricules Le tableau clinique de l'hématome sous-dural va de l'absence de symptômes aux manifestations d'un échec de la dérivation ou d'une lésion de masse.

Les hématomes extraduraux compliquent exceptionnellement les procédures de dérivation du LCR . Ils surviennent généralement chez les jeunes patients et chez ceux qui présentent une macrocéphalie et de grands ventricules. Ils se développent à la suite d'un étirement vasculaire en présence d'une dure-mère moins adhérente au crâne que celle des adultes plus âgés. Les

patients peuvent être asymptomatiques ou présenter les caractéristiques d'un échec de la dérivation ou d'une lésion de masse. Il est préférable de ne pas traiter les petits hématomas épiduraux, comme c'est généralement le cas pour les épidurales découvertes lors d'un traumatisme accidentel. (1)

3.2.10 L'épilepsie liée à la dérivation du LCR

Les enfants atteints d'hydrocéphalie et de dérivation du LCR ont une incidence d'épilepsie plus élevée que la population générale (6-59 %) .Si l'on exclut les patients atteints d'hydrocéphalie tumorale, l'incidence de l'épilepsie dans une grande série de patients ayant subi une dérivation atteignait 30 % [8]. Les facteurs de risque d'épilepsie sont

- L'étiologie de l'hydrocéphalie (en particulier les causes congénitales et les malformations cérébrales)
- L'antécédent de la maladie et le risque d'épilepsie.
- Une révision antérieure de la dérivation,
- Une infection antérieure de la valve,
- Le site d'insertion du cathéter proximal et peut-être la présence de la dérivation elle-même, considérée comme un foyer épileptique .

Ce point de vue est étayé par les anomalies constatées dans les enregistrements EEG qui montrent des ondes lentes et des décharges épileptiques dans l'hémisphère qui abrite la dérivation et en particulier au niveau du site d'insertion du cathéter. L'épilepsie chez les enfants hydrocéphales est associée à un mauvais résultat intellectuel et à des problèmes de comportement. (71)

3.2.11 Poser le diagnostic d'un dysfonctionnement de dérivation :

Comme pour les autres affections neurochirurgicales, le diagnostic d'échec de la dérivation doit être basé sur une anamnèse clinique minutieuse comprenant :

- L'étiologie de l'hydrocéphalie
- Les antécédents personnels
- L'âge au moment de la mise en place de la dérivation
- Le type de valve initiale
- L'identification du type et de la pression de la dernière valve.

- Les infections antérieures et leur issue
- L'historique des dysfonctionnements antérieurs de la dérivation
- Les symptômes au moment où ils se sont produits
- Maladies concomitantes et des traitements actuels
- Des allergies (l'allergie au latex est fréquente chez les patients atteints de spina-bifida).

Des études de neuro-imagerie de base doivent être systématiquement effectuées pour comparaison en cas de dysfonctionnement de la dérivation.

L'examen physique :

- Commence par une évaluation neurologique complète (y compris un fond d'œil)
- Une mesure en série du périmètre crânien
- Inspection de la tête avec estimation de la tension de la fontanelle par palpation digitale et d'un contrôle de la séparation des sutures crâniennes,
- La position des yeux (regard en coucher de soleil, strabisme)
- Circulation veineuse collatérale crânienne.

Ensuite, l'intégrité de l'ensemble du système de dérivation est vérifiée par la palpation de toute sa trajectoire, à la recherche de lacunes dans le tube, de collections de liquide le long du tube et de masses pseudo-tumorales ou de zones calcifiées.

Le pompage du réservoir de la valve est un complément utile pour le diagnostic de la défaillance de la dérivation. Lorsqu'il n'y a pas de dysfonctionnement de la dérivation, le réservoir se vide et se remplit facilement.

Il faut pomper le réservoir trois ou quatre fois pour tester la perméabilité du système. Si le réservoir est dur à la palpation, il existe probablement une occlusion de la valve ou du cathéter distal. En cas d'obstruction du cathéter proximal, le réservoir se vide mais se remplit lentement ou ne se remplit pas du tout et reste déprimé (72)

La neuro-imagerie utilisées pour le diagnostic de l'échec de la dérivation du LCR :

- L'échographie transfontanellaire
- La radiographie de la valve et des cathéters
- La TDM cérébrale
- L'imagerie par résonance magnétique crânienne.

3.3 Complications abdominales de la DVP

C'est une complication assez courante chez les patients porteur de DVP avec une prévalence d'environ 47% (73).

Les complications sont d'ordre :

- Infectieuse : du péritoine, des structures nerveuses, des composants de la valve
- Obstructives

Des études sur modèles animaux et chez des humains soumis à une dialyse abdominale continue ont montrées l'existence de petits pores livrant passage à un ultra filtra constitue de substance de faible poids moléculaire telles que l'urée la créatinine et le glucose et des pores plus larges appelés Aquapores destines aux molécules de poids moléculaire plus élevé L'ultrafiltration du LCR au niveau du péritoine suit un gradient de pression osmotique facilité par des mécanismes de pression hydrostatique. La pression plus élevée du LCR au niveau du péritoine favorise le passage du liquide à travers les micropores de la membrane

Le succès du processus d'ultrafiltration (et donc de la résorption du LCR dans la cavité abdominale) dépend de l'intégrité fonctionnelle de la membrane péritonéale et du mésothélium vasculaire.

Le taux d'absorption du liquide péritonéal par les lymphatiques varie de 0,5 à 1,5 ml/min, le pic d'absorption se produisant par les lymphatiques diaphragmatiques, en particulier dans la région sous-diaphragmatique, où se trouvent des canaux intracellulaires ouverts.

les « stomates ». Ceux-ci sont acheminés vers le lymphatique médiastinal et localisés avant le canal lymphatique droit, de sorte qu'ils peuvent ensuite atteindre la jugulaire interne droite et les veines sous-clavières (73).

L'exposition continue de la membrane péritonéale au liquide de LCR peut entraîner des modifications significatives de sa morphologie et de son ultrastructure, avec un risque potentiel de fibrose péritonéale.

Les anomalies de la morphologie et de l'ultrastructure de la membrane péritonéale se produisent surtout au niveau du mésothélium péritonéal, avec un développement accru du

réticulum endoplasmique ridé et une diminution des microvillosités membranaires (responsable de l'augmentation de sa surface), des vésicules micro-pinocytaires, et des modifications de la couche sous-mésothéliale, conduisant à un effet de sclérose sur le tissu conjonctif

. Le glucose présent dans le liquide du LCR pourrait être potentiellement toxique pour les cellules méso-théliales et être responsable de changements vasculaires dans la membrane péritonéale.

D'autre part, la présence de corps étrangers à l'intérieur de la cavité péritonéale active les macrophages et les monocytes, qui stimulent les cellules mésothéliales à produire des immunomédiateurs (interleukines ou IL).

Ces IL initiales, telles que l'IL- β 1, le TNF- α , la PGE-2 et la prostacycline 2 (PGI-2), activent l'IL-6 et l'IL-8, qui attirent les neutrophiles vers le site d'inflammation. On suppose que l'IL- β 1 produite par les monocytes et les macrophages peut avoir un rôle important dans la physiopathologie de la fibrose péritonéale et peut augmenter la synthèse du collagène à un niveau élevé de procollagène dans les fibroblastes . Les fibroblastes péritonéaux répondraient aux stimuli inflammatoires en augmentant les composés de la matrice extracellulaire, contribuant potentiellement au développement de la fibrose péritonéale.(73)

La réaction de fibrose autour des cathéters distaux , les mouvements péristaltiques de l'intestin et l'augmentation de la pression intra-abdominale, agiraient comme une source constante de pression mécanique qui conduirait à la nécrose et à la perforation séreuse (74)

3.3.1 Ascite

Son origine pourrait être expliquée par :

- Réaction immunologique au cathéter de la valve
- Ouvertures itératives du péritoine suite à de précédentes chirurgies abdominales
- LCR charge en protéines suites à des infections
- Hyperproduction du LCR(1)

L'examen physique peut montrer une distension et une sensibilité abdominales, avec généralement peu de signes de défense. Les observations comprennent une modification du contour de l'abdomen, une vague de liquide ou une matité à la percussion. Le périmètre abdominal est élevé et la dilatation des veines de la paroi abdominale peut être un signe d'ascite.

L'échographie abdominale, montre une collection diffuse, sans localisation et exclut les signes de thrombose dans les vaisseaux hépatiques.

La tomodensitométrie abdominale montre une seule collection de liquide péritonéal, généralement large et non localisée, entourant le cathéter, mais sans épaissement de l'épiploon ou du péritoine, ni autres signes d'inflammation.

En l'absence de ces causes potentielles, la dérivation doit être externalisée pour confirmer que l'ascite est le résultat d'une accumulation excessive de LCR. Jusqu'à présent, les cultures de LCR restent la méthode la plus fiable pour éliminer les infections .

Cependant, la croissance de micro-organismes dans les composants de la dérivation en l'absence de cultures positives dans le LCR est souvent attribuée à une contamination. Il est recommandé de prolonger les cultures jusqu'à 14 jours pour exclure efficacement la plupart des organismes, y compris les anaérobies à croissance lente comme *Propionibacterium acnes*, avant d'exclure définitivement l'infection.

Traitement Après le diagnostic, le cathéter péritonéal est externalisé et le patient reste sous antibiotiques (par exemple, vancomycine et ceftazidime) jusqu'à ce que les cultures de CSF soient négatives et que l'infection soit exclue. Les antibiotiques sont conservés pendant 24 heures après l'insertion définitive dans une nouvelle cavité . En raison de la forte accumulation de protéines et de la formation de LCR dans certaines entités pathologiques, l'oreillette est généralement choisie, et la dérivation ventriculo-atriale résout souvent le problème .(75)

3.3.2 Pseudo kyste

Les pseudokystes sont des collections localisées de liquide intra-abdominal qui se développent autour de l'extrémité distale du cathéter péritonéal (76)La survenue d'un pseudokyste après une dérivation péritonéale du LCR a été décrite pour la première fois par Harsh .(1)Depuis, une fréquence d'environ 0,7-10 % a été rapportée dans la littérature. Le pseudokyste peut survenir à n'importe quel moment entre plusieurs semaines et plusieurs années après la procédure de dérivation initiale .(1)

Plusieurs facteurs prédisposants ont été décrits :

- Infection aiguë de la dérivation
- Antécédents d'infection du liquide céphalo-rachidien,
- Révisions multiples de la dérivation,
- Chirurgie abdominale antérieure
- Tumeurs du système nerveux central .

Il est admis qu'un processus inflammatoire, qu'il soit infectieux ou stérile, est un facteur prédisposant fréquent.

L'infection bactérienne du système de dérivation a précédé la formation du pseudo kyste dans 73 % des cas rapportés, mais l'incidence de l'infection pourrait être plus élevée si les

cultures de LCR étaient maintenues pendant 14 jours ou si l'on recherchait des germes anaérobies.(76)

Le processus inflammatoire joue un rôle important dans la formation des pseudo kystes ainsi l'examen histologique des surfaces séreuses intestinales enflammées, retrouve :

- Du tissu fibreux sans revêtement épithélial
- Du tissu fibreux avec inflammation aiguë
- Du tissu granulomateux avec des fibroblastes, des faisceaux de collagène .(73,76)

Tous ces éléments transforment la paroi du pseudo kyste en une surface inflammatoire incapable d'absorber le liquide céphalo-rachidien.

Le délai entre une procédure de dérivation et le développement d'un pseudo-kyste abdominal de liquide céphalorachidien varie de quelques jours à plusieurs années. Souvent, les pseudo kystes abdominaux ont tendance à se produire dans les 6 mois suivant la dernière intervention chirurgicale intra-abdominale.(77) Il a été suggéré que les pseudokystes de petite taille tendent à être infectés et que les pseudokystes de grande taille tendent à être stériles. Cependant, cela n'a pas pu être prouvé et une étude de Roitberg et al. n'a pas trouvé de lien statistiquement significatif entre l'infection et la taille du pseudokyste .(78)

Staphylococcus epidermidis est l'organisme responsable le plus fréquent, mais d'autres staphylocoques à coagulase négative peuvent être trouvés, comme *S. capitis* ou *S. hominis*, ainsi que des Gram négatifs comme *Propionibacterium acnes* (78,79)

La formation d'un pseudokyste abdominal peut se manifester par divers symptômes digestifs et systémiques : vomissements, distension abdominale, douleurs localisées, fièvre ou encore présence d'une masse palpable. Ces signes sont fréquemment associés à des manifestations de dysfonctionnement de la dérivation, dues à une mauvaise résorption du LCR collecté à l'intérieur du pseudokyste. Chez le nourrisson, cela peut se traduire par une tension de la

fontanelle, une somnolence excessive, des céphalées, des vomissements répétés ou des crises convulsives.(80)

Lorsqu'aucune infection du shunt n'est mise en évidence malgré des récurrences de pseudokystes, une réaction allergique à l'un des composants du matériel de dérivation doit être envisagée. Une élévation des éosinophiles dans le sang périphérique, un taux accru d'IgE sériques ou un infiltrat éosinophilique au niveau des parois du pseudokyste peuvent orienter vers ce diagnostic.

Le ou les composants responsables de la réaction immunologique ne font pas consensus. Parmi les matériaux les plus suspectés figure la silicone, largement utilisée dans les systèmes de dérivation. Cependant, plusieurs études indépendantes, notamment menées dans le contexte des implants mammaires, n'ont pas pu établir de lien formel entre la silicone et des pathologies immunitaires. La présence rapportée d'anticorps dirigés contre la silicone pourrait être attribuée à des interférences non spécifiques, comme la fixation passive d'immunoglobulines.(81)

D'autres substances utilisées dans la fabrication ou la stérilisation des dispositifs médicaux sont également suspectées :

- **L'oxyde d'éthylène (ETO)** : gaz utilisé pour la stérilisation, pouvant former des néo-antigènes en se liant aux protéines de l'hôte. Des métabolites de l'ETO, comme le chlorhydrate d'éthylène, ont été retrouvés dans le LCR jusqu'à quatre mois après la dernière révision du shunt, chez des patients avec une éosinophilie persistante.
- **Le sulfate de baryum** : agent radio-opaque utilisé pour rendre les cathéters visibles à la radiographie.
- **Le latex** des gants chirurgicaux.
- **Les antibiotiques** tels que la vancomycine ou la gentamicine, parfois utilisés pour imprégner les cathéters.(73)

Les réactions dites « allergiques à la silicone » peuvent être temporairement soulagées par la corticothérapie, mais les symptômes récidivent souvent après l'arrêt du traitement. Le

remplacement du système de dérivation par un modèle alternatif, en **polyuréthane** ou en **silicone purifié** (dite "silicone extraite"), permet généralement de résoudre durablement le problème. Ce dernier type de silicone est traité industriellement pour éliminer les huiles non liées, réduisant ainsi le risque de réponse immunitaire.(1)

Les investigations biologiques doivent inclure une coloration de Gram, une culture bactérienne, le dosage du glucose et des protéines dans le liquide céphalorachidien (LCR) ou dans le liquide pseudokystique, ainsi qu'un comptage cellulaire. Une infection du shunt est confirmée lorsque la culture du LCR ou du liquide abdominal revient positive.

Sur le plan radiologique, une simple radiographie peut révéler un enroulement du cathéter distal dans une masse de tissu mou, repoussant les anses intestinales voisines. L'échographie abdominale ou la tomodensitométrie (scanner) permettent une évaluation plus précise du pseudokyste.

Différentes stratégies chirurgicales ont été utilisées avec des résultats globalement satisfaisants. Historiquement, la gestion des pseudokystes abdominaux repose sur trois étapes principales :

1. **Externalisation du shunt** : Le cathéter distal est connecté temporairement à un système de drainage externe stérile.
2. **Traitement antibiotique** : Mis en place en cas d'infection confirmée ou suspectée.
3. **Réimplantation secondaire du shunt** : Une fois l'infection maîtrisée, une nouvelle dérivation est mise en place, soit dans la cavité péritonéale, soit dans un autre site, comme la plèvre ou l'atrium droit via une veine jugulaire.

La présence ou l'absence d'infection doit impérativement être déterminée avant toute prise en charge définitive. En cas d'infection du LCR, la réimplantation immédiate dans le péritoine est contre-indiquée.

Autrefois, une ponction échoguidée du pseudokyste suivie d'une exérèse complète de ses parois par laparotomie exploratrice, avec reposition du cathéter dans un nouvel espace

péritonéal, était une technique couramment utilisée. Aujourd'hui, la **prise en charge laparoscopique** est de plus en plus privilégiée. Cette méthode consiste à réséquer une portion de la paroi du pseudokyste, puis à repositionner le cathéter dans un autre espace intra-abdominal.

Certains auteurs ont souligné un risque de récurrence si le cathéter est replacé dans la même cavité péritonéale. Toutefois, la majorité des études montrent qu'une nouvelle implantation dans l'hémicavité péritonéale contralatérale est souvent efficace. Une fois le pseudokyste résorbé, le péritoine peut redevenir un site fonctionnel pour la dérivation.

Pour limiter les complications dues aux adhérences, une position rétrohépatique ou sous-diaphragmatique peut être choisie pour l'insertion du cathéter. En cas de diminution de la capacité de résorption du péritoine antérieur, des sites alternatifs comme la **bourse omentale** ou le **petit épiploon** peuvent être envisagés.(73,77,82)

Enfin, dans les cas d'échec des autres techniques, une conversion vers une dérivation atriale peut être nécessaire, bien que cela reste exceptionnel.

3.3.3 Extériorisation du cathéter abdominal

Trois types principaux de migration ont été identifiés selon le trajet et les structures anatomiques atteintes : (83)

◆ Type I : Migration Interne

Le cathéter migre dans une des trois grandes cavités corporelles : thoracique, abdominale ou pelvienne.

► Thoracique

- **Voie supra-diaphragmatique (SD)** : remontée du cathéter par un trajet de tunnelisation trop profond.
↳ Radiographie : cathéter visible uniquement au-dessus du diaphragme.
- **Voie trans-diaphragmatique (TD)** : érosion musculaire, passage par un hiatus ou un défaut congénital.
↳ Radiographie : partie du cathéter sous le diaphragme.

► Abdominale

- Pénétration dans un organe creux (estomac, intestin, côlon) ou plein (surtout le foie, parfois en position sous-capsulaire).

► Pelvienne

- Migration vers la vessie (cas le plus fréquent), parfois obstruction de la trompe utérine.

◆ Type II : Migration Externe

Le cathéter est entièrement ou partiellement extrudé à travers la paroi corporelle ou reste dans le tissu sous-cutané.

Zones de faiblesse de la paroi :

- Omphalocèle
- Cicatrices anciennes
- Prothèses mammaires
- Organes génitaux externes (via canal inguinal)

◆ Type III : Migration Combinée (Interne-Externe)

Le cathéter pénètre un organe creux, progresse dans sa lumière, puis ressort par un orifice naturel.

4 sous-types :

- Trans-orale : perforation digestive avec extrusion par la bouche
- Trans-anale : extrusion par l'anوس
- Trans-urétrale : perforation vésicale avec sortie par l'urètre
- Trans-vaginale : perforation génitale féminine avec sortie vaginale

- * A travers l'anوس avec perforation intestinale : L'AEVPS est une complication rare des dérivations ventriculo-péritonéales, avec une incidence estimée entre 0,1 % et 1 %.

Depuis sa première description en 1966 par Wilson et al., (84) plus d'une centaine de cas ont été rapportés. Dans une série rétrospective (Vinchon et al., 2006), 19 cas de perforation intestinale ont été relevés, dont 3 avec extrusion anale.(85)

Les mécanismes exacts restent mal compris. L'infection du shunt pourrait provoquer une inflammation chronique conduisant à l'érosion intestinale. La présence d'un corps étranger infecté, des anomalies congénitales intestinales, une fibrose encadrant le cathéter ou encore une faiblesse pariétale (myéloméningocèle, hydrocéphalie congénitale) sont des facteurs favorisants. Contrairement aux anciennes croyances, même les cathéters souples en silicone peuvent entraîner une perforation.(1)

La technique de mise en place (laparotomie vs trocart) n'est pas clairement associée à un risque accru, bien que certains préconisent la mini-laparotomie pour éviter les complications vasculaires.(73)

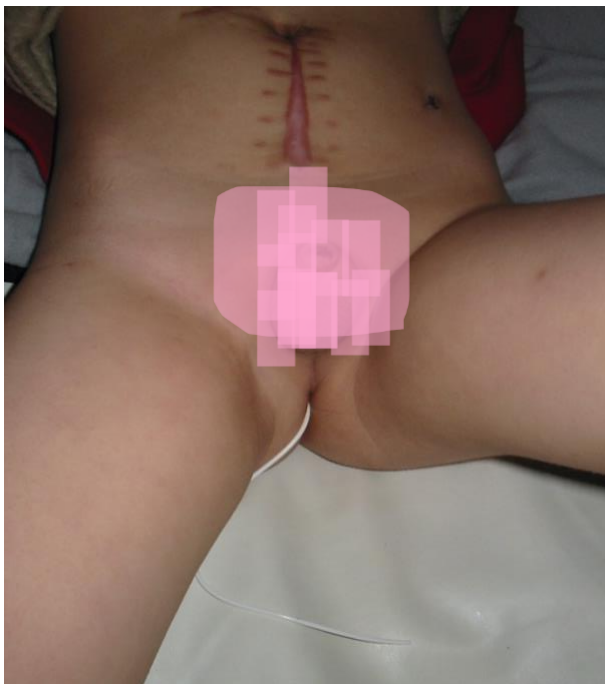


Figure 21 mise à nue de la valve à travers l'an(us)(iconographie personnelle)

la péritonite clinique ne survient que dans 15–25 %. La perforation intestinale impose une prise en charge en urgence. En l'absence de signes infectieux, une gestion conservatrice peut suffire (section du shunt, traction anale du segment distal, externalisation du shunt). En cas

d'infection ou d'hydrocéphalie active, une laparotomie ou laparoscopie est nécessaire pour réparer la perforation et retirer le cathéter. Un drainage ventriculaire externe et une antibiothérapie sont instaurés. Après normalisation du LCR (cultures négatives), une nouvelle dérivation peut être posée, idéalement vers une autre cavité (pleurale ou atriale) si le péritoine est inadapté.(86)

- * Perforation vessie : c'est une complication rare, décrite pour la première fois par Grosfeld en 1974 ,chez deux nourrissons(87). Environ une dizaine de cas ont été rapportés avec des vessies normales, mais elle est plus fréquente après des interventions de type entérocystoplastie dans les vessies neurogènes.(88)

La vessie, située dans l'espace extrapéritonéal, est un site inhabituel de perforation. Le cathéter doit traverser le péritoine, pénétrer l'espace extrapéritonéal, puis la paroi vésicale. Plusieurs facteurs peuvent contribuer à cette perforation :

- Inflammation locale chronique induite par le cathéter, favorisant l'ancrage à la paroi viscérale
- Calcifications des cathéters (surtout ceux imprégnés de baryum), signes de dégradation du silicone
- Pression locale due aux mouvements péristaltiques, à la pression intra-abdominale ou aux pulsations du LCR
- Caractéristiques du cathéter : extrémité rigide, longueur excessive, revêtement en baryum, allergie au silicone

La vidange systématique de la vessie avant chirurgie (sondage vésical par sonde de Foley) est recommandée pour réduire le risque de perforation peropératoire, notamment lors de l'introduction du trocart.(1,89).

- * Extériorisation vaginale, à travers l'ombilic :répondent aux mêmes mécanismes que la perforation de la vessie(90)
- * La migration du cathéter distal :est une complication bien décrite, survenant à différents niveaux anatomiques. Elle est favorisée par :(83)

- des faiblesses pariétales (foramen embryonnaires non fusionnés),
- la fixation du cathéter à un point calcifié,
- l'augmentation de la pression intra-abdominale,
- les contractions abdominales ou mouvements cervicaux répétés,
- la mémoire plastique du matériau du cathéter.



Figure 22: mise à nue de la valve à travers le vagin (iconographie personnelle)

Les localisations les plus fréquentes :

- **Thoracique** : Migration via le foramen de Bochdalek dans l'hémi-thorax, provoquant un hydrothorax. Des épanchements pleuraux symptomatiques ont été observés même sans migration directe.
- **Scrotale** : Fréquente chez le nouveau-né ou prématuré, via un canal péritonéo-vaginal perméable, pouvant causer hydrocèle ou hernie.

- **Mammaire, intrathoracique, cardiaque** : Migration jusqu'à la veine jugulaire, le cœur ou l'artère pulmonaire. Elle peut entraîner arythmies, sepsis, embolie ou insuffisance cardiaque.

3.3.4 Volvulus Intestinal

Un enroulement du cathéter distal autour d'une anse intestinale, ou un volvulus intestinal autour du tube, est une complication **rare mais grave** de la dérivation VP.(1)

Signes cliniques à évoquer :

- Douleurs abdominales
- Distension, défense, tympanisme
- Silence abdominal à l'auscultation

Diagnostic :**Radiographie abdominale** et **échographie** permettent une confirmation rapide.

On note aussi que régulièrement on rencontre des patients qui présentent un dysfonctionnement du shunt avec des signes d'HIC ,qui est en rapport avec une constipation entrainant une hyperpression intra abdominale ,dès que l'épisode de constipation est jugulé la valve se remet à fonctionner et disparition totale des signes d'HIC



Figure 23:ASP montrant une constipation occasionnant un dysfonctionnement de valve(iconographie personnelle)

3.3.5 Métastases Abdominales Secondaires à une DVP

- Les métastases extraneurales de tumeurs cérébrales primitives sont **exceptionnelles**.
La **dérivation ventriculopéritonéale (DVP)** peut, dans de rares cas, favoriser la dissémination tumorale vers l'abdomen par connexion directe entre les ventricules cérébraux et le péritoine. Tumeurs les plus concernées :
 - **Germinomes, tumeurs endodermiques du sinus** chez les >10 ans
 - **Médulloblastomes, astrocytomes** chez les <10 ans

Le diagnostic est échographie ou TDM abdominale à **intégrer dans le suivi régulier** des enfants porteurs de VPS pour tumeur cérébrale Avec une réponse souvent satisfaisante à la **chimiothérapie** et/ou **radiothérapie**.(91,92)

3.3.6 Options de Dérivation Après Dysfonction Péritonéale

Lorsqu'un patient porteur de dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) présente des complications abdominales répétées, le péritoine peut devenir inapte à assurer la fonction de résorption du liquide cébrospinal (LCR). Il est estimé que plus de 30 % des patients connaîtront au moins une complication liée au segment distal de leur dérivation(93). Dans ce contexte, différentes alternatives ont été décrites lorsque le péritoine ne peut plus être utilisé, parmi lesquelles les sites les plus fréquents sont l'oreillette droite, l'espace pleural ou encore la vésicule biliaire. Toutefois, en raison du profil de complications généralement moins sévères de la dérivation péritonéale par rapport à la dérivation ventriculo-auriculaire (VA), de nombreux auteurs recommandent de privilégier autant que possible la restauration d'un drainage vers le péritoine.

La dérivation ventriculo-auriculaire est une option bien connue mais associée à des risques non négligeables, notamment les embolies pulmonaires, les infections sévères, et les néphropathies liées au shunt. Les complications thromboemboliques, bien que rares (0,3 %), sont presque toujours fatales. Par ailleurs, le traitement de ces complications, notamment par anticoagulation, expose à des risques hémorragiques, et les procédures de révision sont souvent complexes en raison de la nécessité de manipuler les veines centrales. Il faut également noter que les taux de révision en raison de la croissance du cathéter peuvent atteindre 66 %.(94)

L'espace pleural constitue une autre alternative pour le drainage du LCS. Cette option, appelée dérivation ventriculo-pleurale, est devenue plus populaire ces dernières années, notamment chez les patients présentant une perte d'accès au péritoine. Néanmoins, l'absorption pleurale est inefficace chez les enfants de moins de 5 ans, et la présence d'une pathologie pulmonaire constitue une contre-indication. Le risque principal est l'apparition d'un épanchement pleural massif pouvant entraîner une insuffisance respiratoire. L'utilisation

de valves de nouvelle génération pourrait limiter ces complications, en régulant mieux la pression intrapleurale.(95)

Une solution plus exceptionnelle est représentée par la dérivation ventriculo-gallbiliaire. Utilisée comme mesure de dernier recours, elle présente plusieurs avantages théoriques : la bile exerce un effet lytique qui peut aider à dégrader les protéines du LCS, notamment dans les cas d'hydrocéphalie secondaire à des tumeurs. De plus, la pression élevée dans la vésicule biliaire (10 à 20 cm H₂O) contribue à prévenir le phénomène de siphon responsable du syndrome du ventricule fendu. Toutefois, cette pression peut également compromettre le fonctionnement du shunt. Des cas de méningite et de ventriculite liés à un reflux biliaire dans le LCS ont été rapportés. Il est aussi déconseillé d'utiliser des valves distales dans ce type de montage, car elles peuvent se plier et dysfonctionner sous l'effet des contractions de la vésicule. Enfin, bien que la bile soit généralement stérile chez l'enfant, les taux d'infection peuvent atteindre 30 % ou plus chez l'adulte.(96)

Dans le but de conserver une dérivation péritonéale, plusieurs stratégies peuvent être mises en œuvre. La coelioscopie représente aujourd'hui un outil essentiel dans la gestion des complications des DVP. Elle permet une exploration minimale invasive de la cavité abdominale, l'évaluation des adhérences, la résection de pseudokystes, et le repositionnement du cathéter distal dans des zones encore fonctionnelles du péritoine. En cas d'anatomie complexe ou de péritonite chronique, une laparotomie peut être nécessaire. Par ailleurs, certains auteurs ont proposé l'utilisation de « poches de réserve » péritonéales, comme le récessus rétrohépatique subdiaphragmatique. Cette zone, souvent épargnée par les adhérences, présente une grande densité de lymphatiques et une capacité d'absorption élevée.(77)

Une autre alternative intéressante, proposée par Matushita et collaborateurs, consiste à utiliser la bourse omentale (ou sac inférieur du péritoine) comme site de drainage. Cette technique, appelée dérivation ventriculo-omentale (VOB), consiste à introduire le cathéter distal à travers le foramen de Winslow, en collaboration avec un chirurgien pédiatrique. Bien que peu utilisée, cette méthode a montré des résultats encourageants dans les cas complexes, avec une bonne tolérance sur plus d'un an de suivi.(97)

En conclusion, face à une perte de fonctionnalité du péritoine, toutes les options doivent être envisagées avec prudence. Bien que plusieurs sites alternatifs existent pour assurer le drainage du LCS, la restauration d'une dérivation péritonéale reste l'approche à privilégier, notamment grâce aux possibilités qu'offre la chirurgie mini-invasive. Chaque stratégie doit être adaptée au contexte clinique, à l'âge du patient et aux antécédents de shunt.

3.4 Complications infectieuses des DVP

Les dispositifs de dérivation du liquide cérébro-rachidien sont des corps étrangers implantés dans le corps humain, utilisés pour traiter l'hydrocéphalie associée à diverses pathologies sous-jacentes. Parmi les complications liées à ces systèmes, l'infection représente l'un des principaux motifs d'échec du shunt, constituant une cause majeure de morbidité et de mortalité chez les patients porteurs. En plus de son impact clinique, l'infection du shunt engendre un coût de prise en charge élevé, en raison de la prolongation des hospitalisations et des traitements intensifs nécessaires. Elle représente également une problématique particulièrement frustrante pour les cliniciens en raison de sa fréquence et de sa complexité thérapeutique.

Le terme d'« infection de shunt » est défini par la présence de bactéries dans le LCR ou à l'extrémité du dispositif, associée à des signes cliniques de méningite bactérienne aiguë, et des symptômes évoquant un dysfonctionnement ou une obstruction du système de dérivation. L'infection peut toucher n'importe quelle partie du circuit de dérivation, ainsi que les structures traversées par celui-ci, pouvant aboutir à une méningite, à l'infection du dispositif lui-même, à celle de la cavité corporelle de drainage (péritoine), ou encore à une infection de la plaie chirurgicale.(98)

L'incidence rapportée des infections liées aux systèmes de dérivation varie considérablement selon la méthodologie des études, les critères de définition de l'infection et la durée de surveillance post-opératoire. Cette incidence peut être exprimée par :

- * Nombre d'infections au sein d'une population donnée.
- * Nombre d'infections par procédure, incluant les révisions.(99)

Globalement, les infections secondaires à la pose d'un shunt sont rapportées dans une fourchette allant de 0,33 % à 41 %, avec des taux plus récents situés autour de 7 à 12 % des patients, ou entre 3 et 8 % par procédure. En comparaison, les dérivations ventriculaires externes (ventriculostomies) présentent un taux d'infection encore plus élevé que celui observé avec les dérivations ventriculopéritonéales.(100,101)

Bien que toutes les procédures d'implantation de shunt soient exposées à un risque infectieux significatif, les taux d'infection ne semblent pas différer de manière marquée entre les différents types de dérivations (ventriculo-auriculaire, ventriculo-pleurale ou ventriculo-péritonéale).

Dans la majorité des cas, l'infection se déclare au cours des six premiers mois suivant l'implantation (jusqu'à 90 %), avec une prédominance nette durant les deux premiers mois postopératoires. Ces infections précoces sont généralement dues à une contamination bactérienne introduite durant la chirurgie, le plus souvent à partir de la flore cutanée du patient. À l'inverse, les infections tardives, qui peuvent survenir plusieurs années après l'intervention, sont plutôt d'origine hématogène, à partir de foyers infectieux à distance, tels que les voies urinaires ou pulmonaires.(102)

De nombreux facteurs ont été identifiés comme augmentant le risque infectieux, bien que certains restent controversés ou non confirmés par des études ultérieures. Néanmoins, plusieurs auteurs s'accordent sur la présence de facteurs de risque importants, parmi lesquels :

- Le jeune âge du patient
- Certains types de malformations hydrocéphaliques comme (les myelo-meningocele, hémorragies intraventriculaires).
- L'existence préalable d'un drainage ventriculaire externe ou d'un ancien système de shunt.(103)

Agents Pathogènes

Les bactéries les plus fréquemment impliquées dans les infections de shunt sont les staphylocoques à coagulase négative, *Staphylococcus epidermidis* étant l'agent pathogène le plus couramment isolé, représentant environ 60 à 70 % des cas. Il est suivi par *Staphylococcus aureus*, responsable de 20 à 30 % des infections, en particulier chez les patients présentant des infections cutanées concomitantes. Ces bactéries ont la capacité d'adhérer à la surface interne du cathéter de dérivation et de produire un biofilm extracellulaire mucoïde (appelé *slime*), qui les protège à la fois du système immunitaire et de l'action des antibiotiques.(104)

D'autres bactéries anaérobies, comme *Propionibacterium acnes* et *Corynebacterium diphtheriae*, sont plus rares et ne représentent généralement pas plus de 10 % des cas. Les bactéries Gram négatives telles que *Escherichia coli*, *Pseudomonas*, et *Enterobacter* peuvent également être en cause, notamment en cas d'atteinte abdominale ou urogénitale sous-jacente. Plus rarement, d'autres cocci Gram positifs (comme *Streptococcus*, *Micrococcus* ou *Enterococcus*) peuvent être isolés.

Il est à noter que dans certains cas, aucun agent pathogène identifiable n'est retrouvé malgré des signes cliniques évidents d'infection. Par ailleurs, des infections polymicrobiennes peuvent être observées dans environ 20 % des cas. Celles-ci sont souvent associées à une

origine abdominale, à une plaie crânienne contaminée ou à une infection systémique concomitante.(105)

Enfin, bien que rares, des infections non bactériennes peuvent survenir, en particulier des infections fongiques. *Candida albicans* en est l'agent le plus fréquent, généralement retrouvé chez les nouveau-nés prématurés ou les patients immunodéprimés.(106)

Présentation Clinique

La présentation clinique des infections de shunt varie considérablement selon le site d'infection, l'âge du patient et le moment de survenue (aiguë ou chronique).

Les infections précoces apparaissent généralement dans les jours ou semaines suivant l'implantation de la dérivation. Elles doivent être fortement suspectées en cas de fièvre supérieure à 38,5 °C et d'antécédents récents de manipulation du shunt. Les infections à *Staphylococcus aureus* se manifestent souvent par une rougeur le long du trajet sous-cutané de la dérivation, parfois accompagnée d'un écoulement purulent ou de composants du shunt visibles à travers la plaie.(107)

À l'inverse, les infections chroniques peuvent se déclarer plusieurs semaines ou mois après la mise en place du système. Elles se manifestent classiquement par des signes de dysfonctionnement répété du shunt, tels que céphalées, irritabilité, nausées, vomissements et léthargie, avec ou sans fièvre. Il est important de souligner que l'absence de fièvre n'exclut en aucun cas une infection.

Chez le nouveau-né, l'infection peut se traduire par des épisodes d'apnée, une anémie, une hépatosplénomégalie, ou une raideur de la nuque. Plus rarement, des signes d'irritation méningée ou des convulsions peuvent être observés. Dans les cas de dérivation ventriculo-auriculaire, l'infection peut se présenter sous forme d'endocardite bactérienne subaiguë ou de néphrite de shunt — une maladie à complexes immuns qui mime une glomérulonéphrite aiguë, avec hématurie, protéinurie, hypertension et hépatosplénomégalie. Ce tableau est lié à

la stimulation chronique du système immunitaire, le plus souvent par *Staphylococcus epidermidis*.

Les dérivations ventriculopéritonéales infectées peuvent entraîner des douleurs abdominales, des troubles digestifs et des signes d'infection intra-abdominale. En revanche, une infection de shunt ventriculopleural peut se manifester par des symptômes respiratoires tels qu'une dyspnée ou une douleur thoracique pleurétique.(108)

Diagnostic

Le diagnostic d'une infection de shunt repose principalement sur la culture du liquide céphalorachidien (LCR), qui constitue la méthode la plus spécifique. Toutefois, d'autres examens biologiques et radiologiques peuvent orienter vers ce diagnostic. Il est essentiel de prélever le LCR **avant** l'administration d'antibiotiques, car ceux-ci réduisent significativement les chances d'obtenir une culture positive.

En cas de forte suspicion clinique, une ponction directe du shunt (shunt tap) est indiquée afin d'analyser le LCR. Les examens doivent inclure le dosage du glucose et des protéines, la numération cellulaire, les cultures bactériennes (aérobie et anaérobie) et fongiques, ainsi que les tests de sensibilité. Bien qu'une ponction lombaire soit possible, elle doit être réalisée avec prudence chez les patients ayant une hydrocéphalie obstructive avec shunt non fonctionnel. De plus, le LCR prélevé par voie lombaire peut être stérile même en présence d'une infection ventriculaire avérée.(103)

Sur le plan biologique, le LCR présente généralement une pléiocytose à prédominance de polynucléaires neutrophiles, une hypoglycorachie (ratio glucose LCR/glucose sanguin $< 0,4$) et une hyperprotéinorachie. Selon McClinton, l'association d'une fièvre et d'un taux de neutrophiles supérieur à 10 % dans le LCR confère une spécificité de 99 % pour l'infection du shunt et une valeur prédictive positive de 93 %. (109).

La survenue répétée de dysfonctionnements du shunt en peu de temps peut également suggérer une infection, même en l'absence de culture positive. Dans les cas incertains, une

nouvelle ponction peut aider à distinguer une contamination isolée d'une infection réelle à évolution lente. Par ailleurs, une étude récente a démontré une corrélation entre des niveaux élevés de VEGF dans le LCR et le développement ultérieur d'une infection de shunt.(1)

Les examens biologiques sanguins révèlent souvent une hyperleucocytose périphérique (dans environ 75 % des cas), une vitesse de sédimentation élevée, et une CRP augmentée dans près des trois quarts des cas. Les hémocultures sont quant à elles positives dans moins d'un tiers des situations. Tout foyer infectieux suspect (en particulier les plaies chirurgicales) doit faire l'objet d'un prélèvement pour culture.(106)

Sur le plan radiologique, des radiographies simples du système de dérivation permettent de vérifier la continuité du matériel. L'imagerie cérébrale par scanner ou IRM est utile pour évaluer la configuration du shunt, la taille des ventricules et détecter des signes d'infection comme une méningite (rehaussement méningé), une ventriculite (rehaussement de l'épendyme), ou un abcès cérébral. Lorsqu'une infection distale est suspectée, notamment pour les dérivations ventriculopéritonéales, une échographie ou un scanner abdominal peut détecter un pseudokyste, la localisation du cathéter distal ou d'éventuelles complications abdominales. La présence d'un pseudokyste est fortement évocatrice d'une infection jusqu'à preuve du contraire. (85)

Prise en charge

De nombreuses études ont tenté de déterminer la stratégie thérapeutique optimale pour la prise en charge des infections de dérivation du liquide céphalorachidien (LCR). Plusieurs questions essentielles ont émergé de ces travaux, notamment la nécessité de retirer le shunt, le moment opportun pour sa réimplantation, la durée idéale du traitement antibiotique, et le choix du protocole antibiotique le plus efficace.(101)

Concernant le **retrait du shunt**, quatre options thérapeutiques sont généralement discutées. La première consiste à traiter uniquement par antibiothérapie (systémique ou intrathécale), bien que cette approche présente le plus haut taux d'échec. Elle n'est recommandée que chez les patients en fin de vie, présentant un risque anesthésique majeur ou en présence de ventricules collabés rendant la recathétérisation difficile. La deuxième option est le retrait du shunt avec réimplantation immédiate d'un nouveau système, ce qui est rarement recommandé en raison du risque élevé de persistance de l'infection. La troisième consiste à externaliser le système de dérivation puis à réimplanter un nouveau shunt une fois la stérilisation du LCR obtenue. Enfin, la quatrième, qui est la plus efficace, associe le retrait complet du shunt, la mise en place temporaire d'un drainage ventriculaire externe (EVD), puis la réimplantation secondaire d'un nouveau système lorsque les cultures sont négatives, (101) la numération leucocytaire du LCR inférieure à 30/mm³, le ratio glucose LCR/sanguin inférieur à 0,4 et les protéines du LCR inférieures à 0,5 g/L. En cas de pseudokyste abdominal, la nouvelle dérivation doit être placée dans un autre site abdominal ou dans une autre cavité, comme l'oreillette ou la plèvre.

La **durée optimale de l'antibiothérapie** n'a pas encore été clairement définie, mais il semble qu'un traitement de courte durée augmente le risque de récurrence. En pratique, une durée de 10 à 14 jours après obtention de cultures négatives est généralement recommandée. Toutefois, les infections à germes virulents ou multirésistants peuvent nécessiter une antibiothérapie prolongée.(106)

La **réimplantation du shunt** ne doit être envisagée qu'après obtention de la stérilisation complète du LCR. Ce consensus repose sur le risque important de rechute si la réimplantation est effectuée prématurément.(101)

Le **choix de l'antibiothérapie** dépend des résultats de l'antibiogramme, de la capacité des antibiotiques à diffuser dans le LCR, des habitudes locales et de l'expérience clinique. En première intention, une antibiothérapie à large spectre, ciblant en particulier les germes Gram positifs (les plus fréquemment impliqués dans les infections de shunt), est recommandée. L'administration intraventriculaire d'antibiotiques, en complément de la voie intraveineuse, est parfois utilisée. Dans ce cas, le drainage externe doit être clampé pendant 30 minutes après l'injection pour optimiser la diffusion intracérébrale.

Le **pronostic** des infections de shunt est fortement influencé par l'état neurologique sous-jacent du patient. Les patients présentant une organisation cérébrale normale ont un meilleur pronostic que ceux présentant des malformations ou des lésions cérébrales, en particulier dans la population pédiatrique. Les infections à germes Gram positifs sont généralement associées à un meilleur pronostic comparativement aux infections à bacilles Gram négatifs. Néanmoins, la progression des infections nosocomiales, en particulier à *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline (MRSA), constitue une source d'inquiétude croissante.(110)

Environ 20 à 30 % des patients présentent des récurrences d'infections en cas de traitement inadéquat. Lorsqu'elles sont prises en charge de manière précoce et agressive, les infections de shunt peuvent guérir sans séquelles. Cependant, des complications graves peuvent survenir, telles que la cérébrite, les ventricules polykystiques, les abcès cérébraux, la malabsorption péritonéale du LCR, une altération des performances intellectuelles, un retard psychomoteur, des crises épileptiques ou même le décès.(111)

Bien que rares, certains centres dans le monde parviennent à maintenir un taux d'infection des dérivations inférieur à 1 %. Ces résultats exceptionnels s'expliquent par l'application rigoureuse de mesures préventives exigeantes, souvent difficiles à reproduire dans les hôpitaux à ressources limitées ou dans les centres universitaires avec un grand nombre de stagiaires.

La prévention des infections reste néanmoins essentielle et repose sur des gestes simples mais rigoureux visant à limiter les facteurs de risque. Parmi ces mesures, on retrouve : le contrôle strict de l'environnement opératoire avec limitation du trafic en salle, la programmation des interventions tôt dans la journée, un lavage des mains rigoureux, le port de gants doubles, une manipulation minimale des implants, ainsi que la mise en œuvre d'une technique « sans contact » dans laquelle le matériel est manipulé avec des instruments stériles plutôt qu'à mains nues. L'usage de pinces à embout en Silastic, l'application de compresses ou champs imprégnés d'antibiotiques ou d'iode sur les berges cutanées, le bain des implants dans une solution antibiotique avant insertion, une fermeture méticuleuse de la plaie pour prévenir les fuites de LCR, et l'utilisation de fils de suture imprégnés d'antibiotiques sont également recommandés. Par ailleurs, un temps opératoire réduit et le recours à une équipe chirurgicale expérimentée sont des facteurs de prévention supplémentaires.

Des études récentes ont mis en évidence l'intérêt des cathéters imprégnés d'antibiotiques pour réduire significativement le taux d'infection. Bien que leur coût initial soit plus élevé, ils permettent une économie globale en diminuant les hospitalisations liées aux infections.(112)

L'antibioprophylaxie périopératoire est un standard largement adopté. La céfazoline est fréquemment utilisée pour sa couverture efficace contre les staphylocoques, streptocoques, *E. coli*, *Proteus mirabilis* et *Klebsiella pneumoniae*. Néanmoins, la vancomycine, bien qu'inefficace contre les bacilles à Gram négatif et à diffusion limitée dans le LCR en l'absence de méningite, a démontré une meilleure efficacité dans la prévention des infections postopératoires à staphylocoques, notamment celles à *S. epidermidis*. L'administration intraventriculaire de vancomycine ou de gentamicine lors de la mise en place de la dérivation a permis, dans certaines séries, de faire chuter les taux d'infection de 6,5 % à 0,4 %.(113,114)

Enfin, chez les patients porteurs d'un shunt, une antibioprophylaxie est recommandée lors d'interventions à risque telles que les procédures dentaires, abdominales, digestives ou urologiques.(115)

L'infection de dérivation reste une complication redoutée, difficile à éradiquer malgré les progrès thérapeutiques et les protocoles de prévention de plus en plus élaborés. Son diagnostic

repose essentiellement sur une forte suspicion clinique, étayée par les analyses du LCR et les examens d'imagerie.

Le traitement nécessite une hospitalisation, l'ablation chirurgicale du shunt, la mise en place d'un drainage ventriculaire externe temporaire, une antibiothérapie intraveineuse adaptée, suivie de la réimplantation d'un nouveau système une fois l'infection éradiquée. La réussite du traitement repose sur l'administration rapide d'une antibiothérapie ciblée, selon les résultats de l'antibiogramme.

Au-delà du traitement, la prévention doit être perçue par le neurochirurgien comme un enjeu majeur, nécessitant une rigueur technique et une vigilance constante pour limiter au maximum les risques infectieux.

3.5 Les complications mécaniques des DVP :

3.5.1 Fracture des cathéters de dérivation

Les fractures ou ruptures des cathéters de dérivation représentent environ 4,5 à 13,6 % des révisions chirurgicales de shunt. Bien qu'elles contribuent à la morbidité des patients, elles entraînent également un coût important pour le système de santé, en raison du nombre élevé de patients porteurs de shunt et de la durée prolongée pendant laquelle ces dispositifs restent implantés.

Évaluer l'impact exact de ces complications mécaniques demeure difficile, car elles surviennent souvent plusieurs années après la pose du shunt, et de nombreux patients échappent au suivi. Dans certains cas, la fracture du cathéter reste cliniquement silencieuse, soit parce que le patient est devenu indépendant du shunt, soit parce qu'un passage du LCR persiste via une gaine fibreuse réactive autour du cathéter endommagé.

Malgré une attention scientifique largement portée sur les infections de shunt, les dysfonctionnements mécaniques sont relativement moins étudiés. Une étude portant sur 1719 patients suivis pendant 10 ans a révélé un risque global de dysfonctionnement du shunt de 70 %, avec l'obstruction comme cause principale (56 %), suivie par les fractures, les déconnexions et les migrations tardives (13 % des enfants). Ces complications mécaniques surviennent plus fréquemment chez les enfants traités précocement et porteurs de cathéters pendant plus de cinq ans.(6)

Les cathéters de dérivation sont principalement constitués de caoutchouc de silicone, un polymère hybride inorganique-organique à base de polysiloxanes, introduit en neurochirurgie dans les années 1950 sous le nom commercial de **Silastic®**. Ce matériau s'est rapidement imposé en raison de sa flexibilité, sa résistance thermique, sa biocompatibilité et sa capacité à supporter les processus de stérilisation.



Figure 24 calcification du cathéter de la dérivation (iconographie personnelle)

* Calcification

La calcification est l'une des premières étapes du processus de dégradation des cathéters, menant à leur fragilisation et à leur adhérence aux tissus environnants. Ce phénomène résulte de la précipitation de composés insolubles, notamment les phosphates de calcium, favorisée par des interfaces solides et un environnement alcalin. On distingue deux types : la **calcification métastatique**, liée à des taux élevés de calcium et de phosphate sanguins (notamment en cas d'insuffisance rénale), et la **calcification dystrophique**, observée malgré des taux normaux, liée à une altération métabolique locale – forme la plus fréquemment rencontrée autour des implants en silicone.(116)

Des débris cellulaires peuvent initier la formation de noyaux de cristallisation. Les irrégularités de surface du cathéter favorisent également ces dépôts. La calcification est plus fréquente au niveau sous-cutané et au cou, où la densité cellulaire est élevée, contrairement au tissu cérébral ou à la cavité péritonéale, qui montrent une réactivité beaucoup plus faible vis-à-vis du silicone.(117)

* Réaction immunitaire

L'analyse des cathéters explantés a mis en évidence la présence d'éosinophiles, de cellules géantes multinucléées, et parfois de granulomes à cellules T, témoignant d'une réaction d'hypersensibilité et d'une immunité cellulaire. Des anticorps IgG dirigés contre le silicone ont également été identifiés, suggérant une composante humorale. Dans d'autres cas, seul un tissu conjonctif hyalinisé, contenant des fibroblastes et des dépôts calcifiés, a été observé.

Une réaction inflammatoire chronique, de type granulome à corps étranger, est parfois déclenchée par la libération de particules de silicone dégradées. D'autres particules exogènes (fibres de coton, talc, cheveux) peuvent également provoquer une réponse immune. La réaction tissulaire est particulièrement marquée dans les segments sous-cutanés, notamment au niveau cervical.(118)

* Dégradation et altération des propriétés mécaniques

L'interaction chronique entre le cathéter et les tissus induit progressivement une rigidification du tube, rendant le silicone fragile et cassant. Les propriétés mécaniques du matériau commencent à se dégrader dès les 6 premiers mois après l'implantation. Après 3 ans, la résistance à la traction diminue nettement, et au-delà de 5 ans, la dégradation est significative. Ce processus est aggravé par les mouvements répétitifs, notamment ceux du cou, qui soumettent le cathéter à des tensions au niveau des zones mobiles (jonction réservoir/cathéter, traversée de la galea, croisement de la clavicule).

Chez l'enfant, la croissance corporelle exerce une tension supplémentaire sur les cathéters longs, en particulier entre l'occiput et la cavité péritonéale. Des cas de fracture spontanée après des manipulations mineures .

La calcification et la minéralisation progressive réduisent l'épaisseur et la résistance du cathéter de 30 à 40 % après plus de 6 ans d'implantation. Plus le diamètre du cathéter est important, plus il résiste à la rupture, comme le montrent les travaux de Tomes et al.(119–121)

Des cas d'allergie aux cathéters en silicone ont été rapportés dans la littérature. Les présentations cliniques imitaient souvent une infection ou une obstruction du shunt, mais l'origine était une réaction d'hypersensibilité au matériau implanté. (122)

Dans ces situations, certains auteurs ont utilisé des cathéters en **polyuréthane** comme alternative. Ce polymère, présente plusieurs caractéristiques similaires à celles du silicone : **résistance thermique**, permettant la stérilisation, **haute biocompatibilité**, **faible toxicité**, et **bonne résistance mécanique**. Dans le domaine des implants mammaires, les modèles en polyuréthane ont montré une tendance à générer des capsules péri-implantaires plus épaisses et plus durables que ceux en silicone. À ce jour, les deux matériaux n'ont pas encore été comparés de manière approfondie sur le plan clinique dans les systèmes de dérivation du LCS.(117,122)

Pour permettre la **visualisation radiographique** post-implantation, les cathéters doivent être imprégnés de baryum (de manière homogène ou en bande). Il a été démontré que le baryum peut précipiter localement sous forme de sels, favorisant la réaction immunitaire, l'adhérence tissulaire, et donc augmentant le risque de fracture du cathéter. Par ailleurs, des tests de résistance mécanique effectués sur des cathéters barytés **non implantés** ont montré des valeurs réduites de résistance maximale à la traction et d'élongation avant rupture. À ce jour, aucune donnée comparable n'existe concernant les cathéters imprégnés d'antibiotiques. Des

études n'ont pas mis en évidence de réaction locale notable à court terme, mais les taux de fracture à long terme restent encore inconnus.(122)

Le type de valve influence également les caractéristiques mécaniques du système de dérivation. Son profil est un élément crucial. Les valves tubulaires ont tendance à migrer chez l'enfant en croissance, en particulier si le cathéter est fixé et calcifié. En revanche, les valves de forme arrondie résistent mieux à cette migration. Une étude rétrospective récente comparant deux types de valves – la valve à pression fixe assistée par gravité *paediGAV* (Aesculap) et la valve programmable *Codman Hakim* (Codman & Shurtlef) – n'a pas montré de différence significative dans les taux de défaillance mécanique.

Enfin, un facteur essentiel dans les complications mécaniques réside dans le nombre de composants du système. Plus le système comporte de pièces et de connexions, plus le risque de dysfonctionnement est élevé. Un montage standard comprend généralement un cathéter proximal, un réservoir ou une valve de type "bouchon de trépan", et un cathéter distal soit deux à trois composants et jusqu'à deux connexions. Une revue de 275 révisions de shunt a identifié que les déconnexions représentaient 15 % des dysfonctionnements, avec un risque accru lorsque la connexion était distale. Les systèmes monoblocs ont démontré une réduction des fractures précoces et des déconnexions, en éliminant les connecteurs intermédiaires.(123,124)

* Technique chirurgicale

La technique chirurgicale a un impact certain sur la prévention des infections mais sur l'obstructions des shunts, peu d'éléments relient clairement les complications mécaniques à des choix ou gestes opératoires spécifiques (7).

Lorsqu'un montage autre qu'un système monobloc est utilisé, la qualité de la connexion entre les différentes parties devient un facteur déterminant. Cela nécessite souvent un renforcement par des nœuds chirurgicaux. Ces nœuds doivent assurer une fixation solide sans être trop serrés, afin d'éviter la rupture du cathéter ou de la suture. Le choix du fil de suture influence également le résultat. Les fils non résorbables multifilaments, comme la soie, sont fréquemment utilisés pour leur maniabilité et leur faible mémoire de forme. Toutefois, les fils monofilaments, bien que moins manipulables, sont réputés réduire le risque infectieux, car les bactéries y adhèrent moins facilement. Cependant, ils peuvent fragiliser la paroi en silicone du cathéter. La taille du fil est également cruciale : des calibres 2-0 ou 3-0 sont préférés. Le nœud, quant à lui, doit être solide, discret et idéalement orienté vers le bas, en particulier chez les patients à peau fine(1,125).

De nombreuses études soulignent l'importance de manipuler les composants du shunt uniquement avec des instruments, en évitant tout contact avec les gants, même stériles, pour limiter le risque infectieux. Toutefois, l'usage d'instruments inadaptés ou trop tranchants peut lésionner les cathéters, générant des dysfonctionnements si les dommages ne sont pas détectés. De même, lors du passage du cathéter dans le tunneliseur, il convient d'éviter les angles trop aigus, qui pourraient abraser le tube contre l'extrémité métallique. La lubrification du cathéter avec du sérum physiologique stérile est une précaution simple mais efficace.(126)

Lors des révisions de shunt (par exemple en cas d'obstruction proximale), certains chirurgiens utilisent une lame de bistouri pour couper les nœuds et désassembler le montage. Ce geste peut être risqué pour l'intégrité du cathéter, surtout si aucun nouveau matériel n'est disponible. Dans ce cas, le geste doit cibler le nœud plutôt que le fil, et le mouvement doit être dirigé à l'opposé du cathéter. Une inspection minutieuse du tube est ensuite nécessaire

pour détecter d'éventuelles microfissures. Si une lésion est identifiée, la portion concernée est sectionnée puis le reste du cathéter est reconnecté selon la procédure habituelle.(127)

Le choix du site de trépanation peut aussi influencer sur le risque de complications mécaniques. Comme évoqué précédemment, une trépanation frontale requiert souvent une connexion supplémentaire, ce qui augmente la probabilité d'échec. Selon Aldrich et al. ont observé que les shunts placés en région occipitale présentent un taux de dislocation significativement plus élevé que ceux placés frontalement (128) Les données disponibles ne permettent pas de privilégier de manière concluante un point d'entrée frontal ou occipital pour la mise en place du cathéter ventriculaire. Ainsi, les deux approches sont considérées comme des options valides dans la prise en charge de l'hydrocéphalie pédiatrique. Niveau de recommandation : Niveau III, avec un degré d'incertitude clinique élevé(129).

3.5.2 Dislocation des composants du shunt

La dislocation d'un composant du shunt correspond à la migration d'un cathéter ou d'une valve initialement bien positionnés. Cette migration peut s'accompagner ou non d'une déconnexion du système de dérivation. Il n'existe pas de définitions standardisées largement acceptées pour les complications mécaniques des shunts, et la littérature récente reste limitée sur ce type spécifique de dysfonctionnement. La majorité des publications se concentrent davantage sur les propriétés rhéologiques des systèmes que sur les aspects mécaniques.

Le taux de dysfonctionnement des shunts chez l'enfant a été rapporté à 39 % à un an et 53 % à deux ans. Le taux de discontinuité du système (fracture ou déconnexion) est estimé jusqu'à 10 %, que ce soit pour les dérivations ventriculopéritonéales ou sous-duro-péritonéales. Les migrations des cathéters, qu'ils soient proximaux ou distaux, sont principalement rapportées dans des études de cas, et les données précises issues de grandes séries ou d'analyses systématiques sont rares.(7)

Cathéter proximal

Le cathéter proximal peut migrer plus profondément dans la cavité crânienne ou se rétracter, quittant sa position initiale. La plupart des systèmes comprennent un connecteur angulé, dans lequel le cathéter ventriculaire est fixé à angle droit avant d'être relié au segment distal. D'autres utilisent des valves ou des réservoirs de type burr-hole. La fixation de ce segment proximal repose sur une suture bien nouée, ce qui peut être difficile, notamment dans le contexte de ventricules étroits où une simple manipulation peut entraîner un mauvais positionnement.

Une connexion lâche peut aboutir à une migration spontanée du cathéter. Cela peut également survenir de manière iatrogène lors de révisions chirurgicales si le réservoir est mobilisé sans s'apercevoir que le cathéter est déconnecté. Par ailleurs, certaines caractéristiques des matériaux utilisés peuvent contribuer à ce phénomène. Le cathéter Bioglide, par exemple, conçu pour limiter les adhérences cellulaires grâce à sa surface hydrophile, a montré une tendance accrue à la déconnexion en raison de sa texture glissante. Ce modèle a été retiré du marché en 2009.(58)

Cathéter distal

La plupart des cas de migration rapportés concernent le segment distal des dérivations ventriculopéritonéales. Ce cathéter, partant de la valve, est introduit dans la cavité péritonéale avec une longueur variable selon les recommandations du fabricant et les préférences du chirurgien, allant de 15 à 120 cm. Chez les nouveau-nés, certains chirurgiens préfèrent raccourcir la longueur. Cependant, un tube trop long peut favoriser la formation de nœuds, alors qu'un tube trop court peut accentuer le phénomène de surdrainage, conformément à la loi de Poiseuille. Une longueur de 30 à 40 cm dans la cavité abdominale est généralement jugée suffisante.(130)

La migration du cathéter distal peut se produire dans le sens distal ou en rétrograde. Il peut rester libre dans la cavité péritonéale ou former une boucle herniée à travers l'incision abdominale, se fixant alors dans les tissus sous-cutanés. Des cas de migration ont été rapportés dans presque tous les compartiments anatomiques. Dans la cavité péritonéale, le cathéter peut pénétrer dans un organe creux ou, plus rarement, dans un organe plein. Le côlon est le site de perforation le plus fréquent, avec des cas de protrusion anale du cathéter. Des perforations gastriques avec migration transorale, des pénétrations vésicales avec extrusion urétrale, ainsi que des migrations vers la région ombilicale, scrotale, abdominale ou lombaire ont également été décrites.(86,88)

Dans une revue de 2011, 23 cas pédiatriques de protrusion anale ont été rapportés, chez des enfants âgés de 0,9 à 72 mois. Chez l'adulte, le taux de perforation intestinale lors de la pose d'un shunt est inférieur à 0,1 %.(74,131)

La migration rétrograde du cathéter péritonéal est bien documentée. Dans ces cas, le cathéter peut se retrouver dans le tissu sous-cutané thoraco-abdominal, le sein, le cœur, les ventricules latéraux, l'espace sous-dural ou extrudé par la région cervicale. Ce phénomène est multifactoriel. Il peut résulter des contractions abdominales, d'une pression intra-abdominale élevée, de pseudokystes, ou encore d'une fixation du cathéter à un point calcifié ainsi que les mouvements forcés du cou et de la tête, sont également évoqués. Chez certaines adolescentes, le trajet sous-cutané proche du sein peut favoriser l'adhérence du cathéter, et sa migration

ascendante à mesure que le sein se développe. Une aggravation de scolioses sévères a aussi été incriminée.

Enfin, des cas rares de migration intracardiaque ou intrapulmonaire du cathéter ont été recensés. Un mécanisme proposé implique une insertion transvasculaire accidentelle au moment du tunneling, suivie d'une migration vers l'artère pulmonaire sous l'effet de la pression négative intrathoracique. Un autre mécanisme évoque l'érosion chronique d'une veine cervicale par le cathéter avec migration secondaire vers le cœur.(132)

3.5.3 Diagnostic et prise en charge :

Les fractures, déconnexions et dislocations des composants du shunt se manifestent généralement par un dysfonctionnement du système. Toutefois, elles ne deviennent pas toujours cliniquement apparentes. Une étude rétrospective a révélé que, parmi 25 cas de déconnexion chez 22 patients, seuls 9 (40,9 %) présentaient un shunt non fonctionnel, dont 8 ont été retirés. Parmi ces 9 patients, 3 étaient asymptomatiques.(133) Il est essentiel de garder à l'esprit que toute suspicion de dysfonctionnement de shunt constitue une urgence neurochirurgicale jusqu'à preuve du contraire. Un haut degré de vigilance est donc nécessaire face à un patient porteur de dérivation présentant des symptômes. Une évaluation clinique rigoureuse est alors indispensable, incluant notamment un fond d'œil.

Par ailleurs, certaines déconnexions sont découvertes de manière fortuite lors d'un suivi programmé. Le signe typique est la discontinuité de la bande radio-opaque du cathéter visible entre la région rétro-auriculaire et la clavicule sur les clichés standards Plus rarement, le

cathéter ventriculaire peut être retrouvé déconnecté de son ancrage au niveau du trou de trépan.



Figure 25:collection retro auriculaire de LCR(iconographie personnelle)

Dans les cas particuliers de migration, les signes cliniques dépendent du compartiment anatomique concerné. Les protrusions ou extrusions externes sont généralement repérées par les proches du patient et s'accompagnent de peu de répercussions cliniques. Une détresse respiratoire progressive et une sensation de « papillons dans la poitrine » ont été rapportées chez des patients dont le cathéter avait migré dans la circulation pulmonaire. Une pneumopathie récidivante a été observée chez un patient avec migration distale du cathéter

dans le poumon, tandis que des cas de galactorrhée de liquide céphalorachidien ont été décrits lorsque le cathéter avait migré vers le sein.(132,134)

* Prise en charge

En complément des clichés standards, une tomodensitométrie (TDM) ou une imagerie par résonance magnétique (IRM) est nécessaire afin de comparer les images avec les examens antérieurs et d'évaluer une éventuelle modification de la taille des ventricules ou des espaces sous-arachnoïdiens.

Les shuntogrammes isotopiques peuvent fournir des informations supplémentaires, mais ils sont rarement réalisés en pratique courante.

Les ponctions de shunt sont parfois utilisées pour évaluer la perméabilité du système. L'échographie, quant à elle, n'est pas encore validée en routine pour ce type d'évaluation. La méthode la plus fiable pour poser le diagnostic de dysfonctionnement reste l'exploration peropératoire.

En cas de disconnexion, le système peut être remplacé en totalité ou partiellement, en évitant d'ajouter des connexions supplémentaires. Dans tous les cas, la préparation du champ opératoire doit être complète, comme pour une révision totale du système.

La découverte d'un shunt déconnecté peut représenter une opportunité pour envisager une indépendance vis-à-vis de la dérivation. Cette approche doit toutefois être réservée à des cas soigneusement sélectionnés. Iannelli et al. ont montré que, lors d'un allongement programmé du cathéter, l'indépendance du shunt a été constatée chez 17 enfants sur 27 (63 %)(135).

Le champ des indications pour une VCS s'élargit progressivement et devrait toujours être considéré comme une option. La neuroendoscopie peut également être utilisée en cas de migration intraventriculaire du cathéter proximal. Le trou de trépan est alors élargi pour permettre l'introduction de l'endoscope. À l'aide d'une pince, le cathéter peut être saisi et extrait. Si cela s'avère difficile, il peut être laissé en place et surveillé(1).

Dans les cas spécifiques de protrusion externe, la décision est plus simple. Des prélèvements de liquide céphalorachidien sont effectués pour analyse biologique et microbiologique. En

présence de signes cliniques ou biologiques d'infection, l'ensemble du système est retiré, un drainage externe est mis en place, et un traitement antibiotique intraveineux, parfois intrathécal, est administré selon les recommandations du service des maladies infectieuses. Si le liquide est clair, seule la partie distale peut être retirée avec précaution pour éviter toute contamination du reste du système. En l'absence de signes cliniques ou radiologiques de perforation digestive récente, un nouveau cathéter peut être inséré dans la cavité péritonéale. L'assistance d'un chirurgien viscéral peut être précieuse, notamment en cas de signes de perforation intra-abdominale ou d'infection. Le recours à la chirurgie laparoscopique est également utile pour récupérer des cathéters déconnectés, parfois même en ambulatoire.(101)



Figure 26:Déconnexion du cathéter abdominal et la valve(iconographie personnelle)

3.6 Complications liées au drainage chronique du LCR

L'hyper drainage constitue une complication fonctionnelle fréquente des dérivations du LCR, tant chez les enfants que chez les adultes.. Initialement défini comme une évacuation excessive du LCR, puis Browd et al. ont étendu cette définition à plusieurs situations dans lesquelles la dérivation fonctionne correctement, mais évacue un volume de LCS supérieur à

celui nécessaire pour un patient donné ,cette complication peut entraîner des symptômes variés et parfois sévères.(136)

Le phénomène a été observé pour la première fois par Dandy en 1932, mais le terme *hyper drainage* n'apparaît dans la littérature qu'en 1968(137). Plusieurs études historiques ont documenté sa fréquence, ses manifestations et les tentatives de régulation du débit à travers différents types de valves. Malgré les avancées technologiques, le problème du surdrainage reste non résolu à ce jour.

Son incidence varie considérablement selon les études (3 à 71 %), avec une moyenne estimée entre 10 et 20 %. Chez les enfants, il serait impliqué dans jusqu'à 40 % des cas d'échec de la dérivation. Les symptômes apparaissent généralement plusieurs années après la première intervention, avec un délai moyen de 6,5 ans.(138)

Le phénomène de siphonnage est identifié comme la cause principale d'hyper drainage. Il résulte d'un écoulement gravitationnel du LCR vers les cavités d'absorption situées plus bas (péritoine, oreillette droite, etc.), notamment en position verticale, entraînant une pression intracrânienne négative. Ce déséquilibre est influencé par :

- la position du corps,
- la taille et le poids du patient,
- la compliance du système craniao-spinal ou de la cavité d'absorption,
- certaines conditions pathologiques (Chiari, pseudotumeur cérébrale, sténose spinale...).

Cette complexité rend imprévisible l'apparition de l'hyper drainage et rend difficile le choix du système de dérivation idéal.(139)

3.6.1 Collections extra-axiales (LCR ou de sang)

À la suite d'une dérivation du LCR, la réduction de la taille des ventricules entraîne une diminution du volume cérébral et liquidien dans la boîte crânienne, créant un espace potentiel au niveau sous-dural. Cet espace peut alors se remplir de liquide céphalorachidien ou de sang.(120)

Bien que peu fréquente, cette complication est connue de la majorité des praticiens. Faulhauer et Schmitz ont ainsi rapporté 17 cas d'hématomes sous-duraux (4 %) dans une série de 400 patients porteurs de dérivations, dont seulement cinq ont nécessité une évacuation chirurgicale associée à une occlusion temporaire du shunt afin d'augmenter la pression intracrânienne et favoriser la résorption des espaces sous-duraux. Par ailleurs, Drake et al. ont observé 12 cas de collections extra-axiales (3,5 %) parmi 344 patients dérivés (140). Les épanchements sous-duraux sont considérés comme des facteurs précipitants, voire prédictifs, de la formation d'hématomes sous-duraux. La majorité des épanchements stables et de petite taille n'évoluent pas vers un saignement, mais les épanchements plus importants (> 8 mm) ou en progression sont plus susceptibles d'aboutir à une complication hémorragique. Il est donc pertinent de considérer le risque d'hématome sous-dural comme étant corrélé à la fréquence des épanchements observés après la mise en place d'un shunt. Par exemple, dans l'étude néerlandaise sur l'hydrocéphalie à pression normale, une incidence de 70 % d'épanchements sous-duraux a été rapportée, contre 30 % avec des valves à basse ou moyenne pression (141)

* Prise en charge

Elle dépend du volume de la collection, de la présence de symptômes et du degré de compression cérébrale :

1. **Traitement conservateur** : pour les petites effusions (≤ 8 mm) asymptomatiques.
2. **Augmentation de la pression de valve** : soit par ajustement d'une valve réglable, soit par remplacement.
3. **Drainage chirurgical** : indiqué pour les collections volumineuses (>15 mm) ou symptomatiques sévères, par **burr hole** ou **shunt sous-dural-péritonéal**.

* Hématomes sous-duraux

- Nécessitent une **prise en charge urgente**, avec :
 - arrêt des anticoagulants ou antiplaquettaires,
 - considération d'une prophylaxie antiépileptique,
 - **évacuation chirurgicale** en cas de collection symptomatique ou importante,
 - **réglage de la valve** en complément.

3.6.2 Syndrome des ventricules fentes (SVS)

Bien que la définition exacte du syndrome des ventricules fins (SVS) reste floue dans la littérature de neurochirurgie pédiatrique, sa caractéristique principale est la présence de ventricules cérébraux réduits de manière significative, associée à une symptomatologie clinique évocatrice. Ce tableau comprend typiquement des céphalées aiguës ou subaiguës, des nausées, des vomissements, et parfois une léthargie. Les céphalées peuvent être épisodiques, prenant la forme de vagues de pression intracrânienne, parfois suivies de vomissements ou d'une hyperventilation, et s'accompagnent occasionnellement de bradycardie ou d'hypertension artérielle systémique .(142)

Ce syndrome a été initialement décrit par Becker et Nulsen dans les années 1960 comme étant la conséquence d'un drainage inefficace du LCR, lié à la petite taille des ventricules chez des patients hydrocéphales porteurs de dérivations.(137)

Browd et al. ont défini ce syndrome comme une dysfonction du système de dérivation malgré sa perméabilité apparente .Le SVS peut toucher aussi bien les enfants que les adultes.

Cliniquement, on observe des patients porteurs d'un shunt, présentant des signes d'hypertension intracrânienne avec ventricules collabés ou très fins, sans anomalies évidentes à l'imagerie .(120,142)

Les patients atteints de SVS ont souvent un système de dérivation fonctionnel en place depuis plusieurs années, avec des examens radiologiques (CT ou IRM) révélant des ventricules de petite taille. Larysz et collaborateurs ont récemment souligné l'importance de reconnaître la présence de ventricules fins après une dérivation ventriculopéritonéale correctement positionnée, afin d'écarter un diagnostic d'hypertension intracrânienne .(142)

Bien que son incidence soit faible, le SVS est responsable d'un nombre disproportionné de révisions de dérivation, représentant un défi fréquent en neurochirurgie pédiatrique. Di Rocco et al. ont rapporté une hyperdrainage chez moins de 1 % des patients nouvellement dérivés .(52)

Les plaintes les plus courantes sont des symptômes posturaux, tels que céphalées, nausées ou vomissements survenant en position verticale, et s'améliorant rapidement en position allongée. Des enfants scolarisés peuvent présenter des céphalées orthostatiques, des vertiges ou des troubles de la concentration. Certains cas présentent des symptômes atypiques, comme des douleurs corporelles diffuses ou une sensation de lourdeur dans les membres inférieurs dès le passage en position debout.

Des céphalées intermittentes, dues à une obstruction partielle et fluctuante du cathéter proximal, peuvent également apparaître. Dans de rares cas, le tableau clinique peut débiter de manière aiguë avec perte d'appétit et léthargie. Chez les enfants de moins de 5 ans, une irritabilité marquée, une fatigue excessive ou des pleurs persistants sont fréquemment rapportés (138).

Rekate a proposé une classification du SVS en cinq sous-types :

1. Céphalées liées à une hypotension intracrânienne extrême, souvent induite par le siphonnage du LCR via la dérivation ;
2. Obstruction intermittente du cathéter proximal ;
3. Hydrocéphalie à volume normal avec capacité tampon du LCR réduite ;
4. Hypertension intracrânienne avec dérivation fonctionnelle ;
5. Céphalées indépendantes de la pression intracrânienne ou du fonctionnement de la dérivation, observées chez les enfants porteurs de shunt(143).

Sur le plan physiopathologique, le SVS serait principalement dû à une hyperdrainage du LCR par effet de siphonnage via le cathéter distal, soit par gravité seule, soit par pression négative à l'extrémité distale dans les dérivations ventriculo-auriculaires ou pleurales. Si cette hyperdrainage survient pendant la croissance cérébrale, le cerveau tend à remplir totalement la boîte crânienne, maintenant les ventricules en état de collapsus permanent. Il en résulte une diminution de la compliance cérébrale et une obstruction intermittente du cathéter ventriculaire, parfois sans modification visible de la taille ventriculaire, rendant le diagnostic plus difficile. Dans certains cas, cette obstruction peut conduire à des complications graves, voire vitales. Bien que peu de patients porteurs de shunt développent un SVS, Browd et al. ont

souligné que ces cas génèrent une proportion élevée de consultations et d'interventions liées aux systèmes de dérivation .(136)

Prise en charge du syndrome des ventricules fins (SVS)

* Traitement médical

Chez certains patients présentant des symptômes modérés, le repos en position allongée à des moments planifiés durant la journée peut s'avérer bénéfique. Bien qu'il ne soit pas clairement établi si les succès thérapeutiques observés reflètent une erreur diagnostique ou une réelle efficacité, les traitements antimigraineux ont été proposés comme première approche thérapeutique alternative. Leur efficacité reposerait sur leur capacité à stabiliser ou à réduire le flux sanguin cérébral, induisant ainsi une diminution du volume intracrânien et un soulagement symptomatique (136).

Des agents comme l'acétazolamide, ou dans certains cas la dexaméthasone en traitement de courte durée, ont également été utilisés dans le cadre du SVS (144).

* Traitement chirurgical

Diverses stratégies chirurgicales ont été proposées pour traiter le SVS, incluant la craniectomie sous-temporale, l'expansion crânienne, la révision de dérivation avec mise en place de valves à pression plus élevée, l'ajout de dispositifs antisiphon, ou encore la troisième ventriculostomie (par voie endoscopique ou classique) (136,138)

La craniectomie sous-temporale a été introduite en 1974 par Epstein et al. (145) lesquels ont souligné trois avantages majeurs de cette intervention dans la prise en charge du SVS chez l'enfant dépendant d'un shunt : permettre une décompression de l'hypertension intracrânienne, favoriser l'élargissement du ventricule ipsilatéral, et offrir au chirurgien la possibilité d'évaluer directement la pression intracrânienne par inspection et palpation de la zone opérée .

Les premières valves antisiphon (ASV), décrites par Portnoy et al. en 1973 (146), se sont progressivement imposées comme une option de choix dans la prise en charge du SVS . Gruber et al. ont introduit leur usage systématique dès 1977 chez les enfants hydrocéphales, permettant de limiter l'effet de siphonnage et de réduire significativement les obstructions postopératoires des cathéters ventriculaires. Ils ont rapporté une diminution par un facteur de quatre du taux annuel de complications grâce à l'ASV (147,148).

Browd et al. ont conclu que la révision du shunt devrait constituer le traitement initial privilégié du SVS, sur la base de l'expérience accumulée . Toutefois, cette option présente des difficultés particulières. Notamment, la révision du cathéter intraventriculaire peut s'avérer complexe en raison du collapsus ventriculaire(136)

La ventriculo cysterno stomie endoscopique (VCS) connaît une utilisation croissante dans le traitement des complications liées aux shunts chez les patients hydrocéphales, en particulier lorsque l'étiologie de l'hydrocéphalie est obstructive(149).

3.6.3 craniosténose iatrogène

Chez certains patients atteints d'hydrocéphalie ayant bénéficié d'une dérivation ventriculaire à un âge précoce, on observe un phénomène de disproportion crânio-cérébrale, correspondant à un déséquilibre iatrogène entre un volume intracrânien devenu fixe et une croissance cérébrale continue. Cette situation traduit une synostose crânienne induite par le traitement (150).

La fusion prématurée des sutures a été décrite pour la première fois par Strenger en 1963. Depuis, la dérivation ventriculaire est reconnue comme une cause fréquente de craniosténose secondaire . Faulhauer et Schmitz ont rapporté une incidence globale de microcéphalie de 6 % dans leur cohorte de 400 patients hydrocéphales porteurs de shunt. Ils ont souligné que la déformation la plus fréquemment observée du crâne après la mise en place d'une dérivation était la dolichocéphalie, due à la synostose de la suture sagittale (151)

Dans une revue de la littérature, Doorenbosch et al. ont rapporté une incidence variant de 1,0 à 12,4 %, et ont également identifié la dolichocéphalie comme la forme la plus courante de synostose crânienne iatrogène, en accord avec les observations antérieures.(152)

Différentes approches thérapeutiques ont été proposées pour la prise en charge de cette complication, allant du traitement conservateur avec un suivi clinico-radiologique étroit, à la chirurgie crânienne incluant les craniectomies en bande, les ostéotomies, et d'autres techniques de remodelage de la voûte crânienne. L'utilisation de valves ajustables avec augmentation progressive de la pression d'ouverture a également été recommandée afin de limiter le phénomène de surdrainage .

En cas d'indication chirurgicale, il est essentiel de confirmer le diagnostic de synostose crânienne par imagerie, en particulier par tomodensitométrie (TDM). Par ailleurs, le recours à une valve ajustable permettant d'augmenter la pression d'ouverture constitue une stratégie utile en postopératoire pour favoriser la dilatation ventriculaire et prévenir la survenue d'épanchements sous-duraux (150,152,153).

3.6.4 Disproportion cranio-cérébrale

Le terme de disproportion cranio-cérébrale (DCC) désigne de manière générale toute forme de déséquilibre entre le volume de la boîte crânienne et celui de son contenu. Ce déséquilibre survient le plus souvent dans des conditions pathologiques caractérisées par un excès de volume du liquide céphalo-rachidien (LCR), comme c'est le cas dans l'hydrocéphalie, ou plus rarement par un volume cérébral excessif, tel qu'observé dans certaines formes de macroencéphalie ou d'hémimégalencéphalie. La DCC peut également se manifester lorsque le volume crânien est insuffisant pour accueillir une croissance cérébrale normale, comme dans certaines formes de craniosténose.(150)

Cependant, lorsqu'elle survient comme complication secondaire à une dérivation extra-thécale du LCR, la DCC correspond à une situation acquise. Dans ce contexte, le drainage chronique du LCR par la dérivation engendre une pression intracrânienne diminuée, ce qui

réduit les forces mécaniques nécessaires à la croissance du crâne. Il en résulte un développement crânien inadéquat, ne permettant plus d'accompagner la croissance cérébrale normale durant l'enfance, ni de s'adapter ultérieurement aux variations physiologiques de volume intracrânien.

Le syndrome des ventricules fentes(SVF) ,souvent associé à la DCC se caractérise par un tableau clinique associant céphalées, vomissements et altération de la conscience, mimant une défaillance de la dérivation.



Figure 27:disproportion craniocérébrale (iconographie personnelle)

PARTIE PRATIQUE

4 MATERIELS ET METHODES

4.1 Champs d'étude :

L'étude concerne l'ensemble des dérivations ventriculo-péritonéales (DVP) sur hydrocéphalie mise pour des enfants au niveau du service de Neurochirurgie de l'hôpital Ibn Rochd de la wilaya d'Annaba. sur une période de cinq ans

* Présentation de la wilaya d'Annaba :

Annaba s'étend sur 1 439 km² soit 0,06 % du territoire national. Elle est limitée au nord par la mer méditerranée, à l'est par la wilaya d'El –Tarf, à l'ouest par la wilaya de Skikda et au sud par la wilaya de Guelma.

Annaba est la quatrième ville d'Algérie en nombre d'habitants, après la capitale Alger, Oran et Constantine, avec près de 609 499 habitants dans son agglomération en 2008 selon l'Office national des statistiques (ONS), soit une densité de 429 hab. /km².

Le secteur de la santé compte 11 hôpitaux avec une capacité de 1802 lits, dont un centre hospitalo-universitaire, 17 polycliniques et 68 salles de soins.

* Présentation du service de neurochirurgie :

Le service de neurochirurgie du CHU d'Annaba est composé de trois unités :

- Unité hommes : avec 12 lits
- **Unité femmes et enfants** : avec 12lits
- **Unité de réanimation post opératoire** :avec 04lits
- **Un bloc opératoire** :02salles opératoires
- **Une équipe de garde aux urgences chirurgicales** :opérationnelle 24h /24 constituée chaque jour d'un chirurgien senior et un résident

Sa principale mission consiste à prendre en charge tous les patients de neurochirurgie qui se présentent à la consultation quotidienne de neurochirurgie au niveau des différents centres de consultation dépendant de l'EPSP Annaba, qui seront pris en charge secondairement au niveau du service de neurochirurgie dans le cadre du programme froid ainsi que les patients consultant

aux urgences qui seront ou bien opérés aux urgences ou transférés . Aussi nous prenons en charge tous les patients qui sont évacués des wilayas limitrophes : El-Taref, Guelma ,Skikda, Tebessa ,Souk ahras, Oum bouaghi...

4.3 Type d'étude :

s'agit d'une étude prospective à partir de janvier 2018 à décembre 2023 sur tous les enfants âgés de 1j à 15 ans opérés pour la première fois au niveau du service de neurochirurgie du CHU Annaba ayant une hydrocéphalie traitée par la mise en place d'une dérivation ventriculo péritonéale (DVP) par un neurochirurgien diplômé selon la méthode classique décrite dans la littérature médicale et pratiquée habituellement dans notre service ; qui ont présentés une complication de leur dérivation avant un an nécessitant un traitement médical secondaire avec ou sans ablation de la valve de dérivation et ou la mise en place d'une nouvelle dérivation avec un suivi minimal d'un an.

La collecte des données cliniques s'est faite selon une fiche technique préalablement établie

4.4 Population à étudier :

Les patients étudiés sont donc tous les enfants âgés de 1j à 15 ans opérés pour la première fois au niveau du service de neurochirurgie du CHU Annaba ayant une hydrocéphalie traitée par la mise en place d'une dérivation ventriculo péritonéale (DVP)

.

4.5 Critères d'inclusion :

Tous les enfants de 1j à 15 ans des deux sexes, quelque soit leurs origines géographiques, admis au service de neurochirurgie pour hydrocéphalie nécessitant une dérivation ventriculo péritonéale accompagnés de leurs parents (ou tuteur légal) après consultation en polyclinique, ou aux urgences et pour lesquels une valve de dérivation ventriculoperitoneales à moyenne pression a été placée au niveau du bloc opératoire de neurochirurgie du CHU d'Annaba.

4.6 Critères de non inclusion :

Nous n'avons pas inclus :

- Les enfants présentant une hydrocéphalie qui n'ont pas été opérés.
- Les enfants opérés la première fois ailleurs que dans le service de neurochirurgie Annaba
- Les patients pour lesquels on a placé des valves autres que celle à moyenne pression

A l'issue du recrutement, nous avons recensé **203** cas dont **89** ont présenté au moins une complication

4.7 Critères de jugements

1- Critères de jugement principaux

Ces critères sont directement liés à l'objectif principal de l'étude.

- **Survenue d'une complication post-opératoire** : infection, obstruction, migration du cathéter, dysfonctionnement valvulaire.
- **Délai avant survenue de la complication** : temps écoulé entre l'intervention et la première complication.
- **Type de complication** : infectieuse, mécanique, liée au débit du LCR (hyperdrainage/hypodrainage).
- **Nombre de réinterventions** : nécessité de révisions chirurgicales après la pose initiale de la DVP.

2- Critères de jugement secondaires

Ces critères permettent d'affiner l'analyse et d'identifier des associations avec d'autres facteurs.

- **Facteurs de risque des complications** : âge, prématurité, antécédents infectieux, présence d'une circulation veineux collatéral (CVC), type de valve utilisée.
- **Évolution clinique du patient** : apparition de séquelles neurologiques, amélioration des symptômes après prise en charge.
- **Durée d'hospitalisation post-opératoire** : permet d'évaluer l'impact des complications sur le parcours de soins.
- **Mortalité** : taux de décès liés à une complication de la DVP.

3- Critères de jugement exploratoires

Ces critères permettent d'ouvrir des perspectives sur l'amélioration de la prise en charge.

- **Comparaison entre les types de valves** : efficacité des valves réglables vs standard.

- **Impact des protocoles d'asepsie** : influence de l'antibioprophylaxie ou des techniques chirurgicales sur la réduction des infections.
- **Suivi à long terme** : qualité de vie et autonomie des patients après la prise en charge chirurgicale.

4.8 Conception du questionnaire :

Le choix des questions et des items ainsi que la trame du questionnaire utilisé dans l'enquête ont été établis grâce aux données de la littérature d'une part, et notre expérience professionnelle d'autre part.[**annexe**] ;

il a comporté six parties distinctes permettant d'étudier les différents aspects épidémiologiques et les facteurs liés aux complications des DVP :

- 1- la première partie concerne le patient , ses données sociodémographiques (sexe, âge, ordre dans la fratrie), ses antécédents personnels (morbidité) :
- 2- la deuxième partie a pour but de définir le profil des parents : âge, situation familiale, niveau d'instruction, profession et revenu mensuel, le nombre d'enfants à leur charge, milieu de provenance, type d'habitat, antécédents pathologiques et habitudes toxiques ,etc.
- 3- la troisième partie concerne la grossesse :suivi, type d'accouchement ,terme, affection pendant la grossesse ,prise médicamenteuse , embryopathie ,fœtopathie
- 4- la quatrième partie caractéristiques de la maladie
- 5- la cinquième partie caractéristiques de la chirurgie
- 6- la dernière partie :complications et prise en charge

4.9 Recueil des données :

S'est fait sur une fiche patient imprimée, préremplie sur la base du questionnaire et complétée par nous-même pour chaque patient [**Annexe**].

Pour chaque cas de notre série, nous avons suivi successivement les étapes suivantes :

Après l'accueil, un premier entretien se fait en général en consultation au niveau de la polyclinique de l'EPSP ou les aux données sociodémographiques du patient et de ses parents,

ainsi que les antécédents médicaux, pathologiques et le déroulement de la grossesse on se basant sur le carnet de santé. En plus de ces éléments interrogatifs, L'examen clinique et les différents examens complémentaires nécessaires sont pratiqués par les praticiens qualifiés ayant adhéré au projet ; cette étape a permis de rassembler et de reporter les différentes données relatives aux aspects cliniques et paracliniques de notre étude.

Nous soulignons que :

- Toutes les consultations sont faites dans une salle de consultation spécialisée est assurée tous les jours ouvrables de la semaine par un maître assistant ou un maître de conférences accompagné par un résident de 08h30 jusqu'à 15h.
- Des examens complémentaires nécessaires sont demandés et effectués sur place ou au niveau des structures du CHU ,sinon en ambulatoire Une veille particulière est donnée à la réception des résultats des examens complémentaires demandés et leur report sur le questionnaire.
- Pour certains cas, des avis spécialisés ont été demandés et un traitement a été prescrit dans un but thérapeutique et/ou préventif, notamment pour l'anesthésie ,la pédiatrie et la cardiologie
 - Le patient est programmé dans un second temps pour bénéficier de la mise en place de sa DVP, toutes les données relative au gestes opératoire et le type de matériel utilise sont consignés en trois exemplaire : registre des protocoles opératoires, fiche technique et compte rendu opératoire.
 - Après la chirurgie le suivie post opératoire est consigne sur le dossier du patient ainsi que la fiche technique
- nous avons veillé scrupuleusement et systématiquement au respect des principes d'éthique et d'humanisme dans toutes les étapes de la rencontre et pour chaque cas.

4.11 Équipe de recherche :

Notre étude est rendue possible grâce à l'implication active de plusieurs intervenants dont un maître de conférences, quatre maîtres assistants, trois assistants de santé publique, les résidents, l'équipe paramédicale du service et du bloc opératoire constituée d'infirmiers et des aides-soignants, ainsi que deux secrétaires.

Avant la réalisation de l'enquête, des séances de travail ont été organisées avec tous les investigateurs ayant participé au recueil des données et aux examens. Elles ont porté sur les objectifs de l'enquête, l'échantillonnage, la conception du questionnaire et l'intérêt de chaque item.

4.13 Techniques statistiques employées :

La saisie et l'analyse des données ont été faites au moyen des logiciels : Excel 2016, Epi Info.7.2.5.0, et JAMOV Version 2.5.6.0

Les **résultats sont exprimés** en effectifs, pourcentages, moyennes, Ecart-Type, Médiane et IC à 95 % pour la moyenne.

La distribution des variables est exprimée en :

- Fréquence et pourcentage pour les variables qualitatives.
- Moyenne, médiane, écart type et IC à 95 % à la moyenne, pour les valeurs quantitatives.

Les tests statistiques utilisés pour la comparaison des différents sous-groupes sont :

- **Le test du Khi2** pour la comparaison de pourcentages (2 valeurs qualitatives) ;
- **Le test exact de Fisher** a été utilisé lorsque les conditions d'application du test de Chi² de Pearson n'étaient pas satisfaites ;
- **Les risques relatifs (RR)** ont été estimés et leurs intervalles de confiance à 95% (IC à 95%) ils ont été calculés pour mesurer la force de l'association entre les variables indépendantes.
- **Le test de Student «t », l'analyse de la variance (ANOVA)** ont permis la comparaison de moyennes (variable quantitative et variable qualitative) en cas distribution normale.
- **Le test Mann-Whitney** étaient utilisés (test non paramétrique) si les données ne suivent la loi normale.
- Une analyse multivariée par régression logistique **a été réalisée en sélectionnant les variables dont le $p < 0,05$ en analyse univariée.**
 - o Les variables dont le p est inférieur à 0,05 en multivariée sont considérées comme significatives.
 - o Le calcul du risque quantifiant l'association a été fait par Odds Ratio (OR) avec son intervalle de confiance (IC) à 95 %.

Le seuil de signification a été fixé dans tous les cas à **0,05**.

4.14 Implications éthiques :

Tous les principes d'éthique et de sécurité recommandés dans les recherches impliquant des participants humains par le Conseil des organisations internationales des sciences médicales (CIOMS), en collaboration avec l'OMS, ont été rigoureusement respectés durant toutes les phases de l'étude, notamment la ligne directrice 7 intitulée « Recherche impliquant des enfants et des adolescents ». (154)

Avant la réalisation de l'étude, tous les participants ont été informés que la recherche était conforme aux recommandations éthiques et que la participation était volontaire et anonyme. Ainsi, toutes les étapes de cette étude ont été effectuées dans le respect de l'assurance de l'anonymat total, la confidentialité et la sécurité des personnes interrogées.

Par ailleurs, l'équipe de recherche a impérativement tenu compte des considérations d'ordre éthique ci-dessous :

Les avis des enfants sont représentés à travers les parents ou tuteurs légaux.

Les chercheurs ont fourni les informations et les opportunités nécessaires aux participants, dans un langage accessible, afin qu'ils puissent donner leur consentement éclairé de façon libre avant de prendre part à la recherche, ou de refuser d'y prendre part. Ils leur ont posé explicitement la question s'ils désirent participer ou non.

De ce fait, au début de chaque entretien, le médecin consultant présente un formulaire explicatif rédigé en arabe et en français, renfermant le cadre et les objectifs de l'étude, tout en signalant qu'un strict anonymat des informations les concernant sera préservé.

- La confidentialité et l'anonymat des réponses sont respectés, conformément à l'article 40 du code de déontologie médicale¹.

- Les documents de la consultation ,protocoles opératoires sont archivés dans le service de neurochirurgie

4.16 Limites de l'étude :

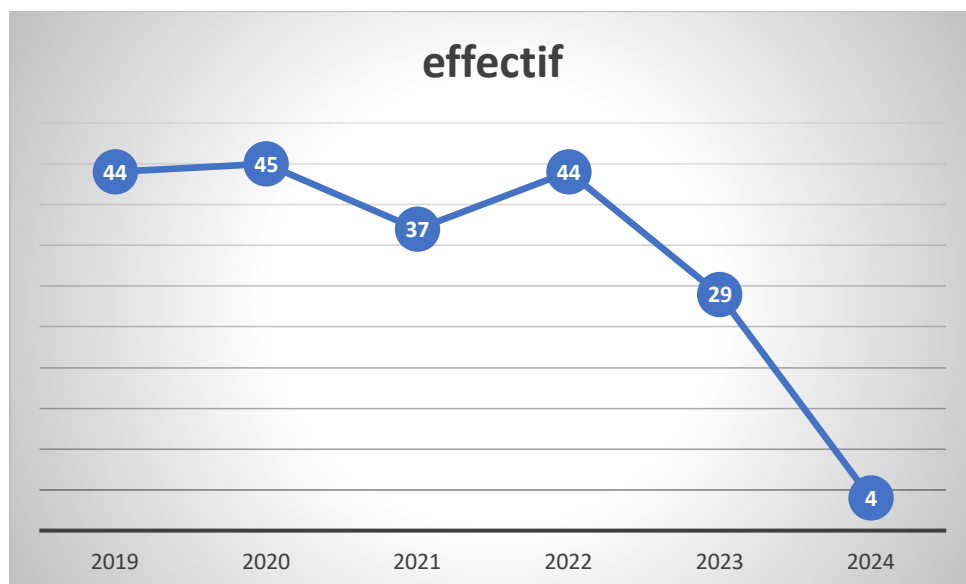
Notre étude s'est intéressée aux DVP posées pour hydrocéphalie des enfants opérés au niveau du service de neurochirurgie du CHU d'Annaba. Notre série de cas peut ne pas être représentative de l'ensemble des enfants opérés pour plusieurs raisons :

1. Étude monocentrique limitant la généralisation des résultats.
2. Absence d'un suivi au-delà de 2 ans post-chirurgie.
3. Manque de données sur l'influence des nouvelles technologies de valves.
4. Certains patients opérés dans d'autres centres et pris en charge dans notre service n'ont pas été inclus dans l'étude afin de garantir l'homogénéité des données et d'éviter les biais liés aux variations des techniques chirurgicales et protocoles de suivi.
5. La taille de l'échantillon a pu être impactée par des facteurs externes tels que la rupture temporaire des valves de dérivation et la crise sanitaire du COVID-19, qui ont limité l'accès aux soins et retardé certaines interventions.
6. Notre étude porte sur une période de cinq années (2019-2023) ; par conséquent ses données ne permettent pas d'établir des tendances dans le temps et restent partielles, incomplètes, ce qui rend relative leur exploitation et leur analyse.
7. Le profil bactériologique de nos patients n'a pas été inclus dans l'étude, vu que l'étude bactériologiques des patients infectes a été faite aux niveaux de plusieurs laboratoires bactériologiques publics et privés différents avec des résultats parfois contradictoires pour le même prélèvement. On s'est contenté de mentionner patient infecté ou pas.
8. L'utilisation de marques et modèles de valves différentes en fonction de la disponibilité au niveau de l'hôpital.

Malgré tous ces biais recensés, notre étude a permis d'avoir des données chiffrées et de dégager la majorité des aspects épidémiologique

5 RESULTATS

I-PARTIE DESCRIPTIVE



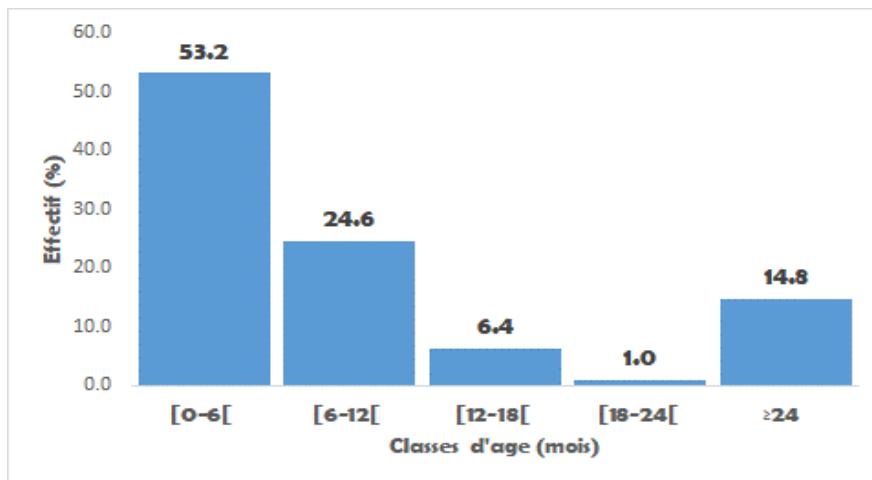
graphe 1 Répartition annuelle des cas de dérivation ventriculo-péritonéale

L'analyse de la distribution annuelle des 203 cas de dérivation ventriculo-péritonéale révèle une relative stabilité du nombre d'interventions entre 2019 et 2022, avec des effectifs oscillant entre 37 et 45 cas par an. Les années 2019 ($n = 44$; 21,7 %), 2020 ($n = 45$; 22,2 %) et 2022 ($n = 44$; 21,7 %) présentent des proportions très proches, tandis que 2021 enregistre une légère baisse à 18,2 % ($n = 37$).

En 2023, une diminution plus marquée est observée ($n = 29$; 14,3 %), suivie d'un chiffre très bas en 2024 ($n = 4$; 2,0 %). Cette chute en 2024 ne reflète pas une diminution réelle de l'incidence, mais correspond à la clôture de la période d'étude, expliquant la limitation du recueil des données pour cette dernière année.

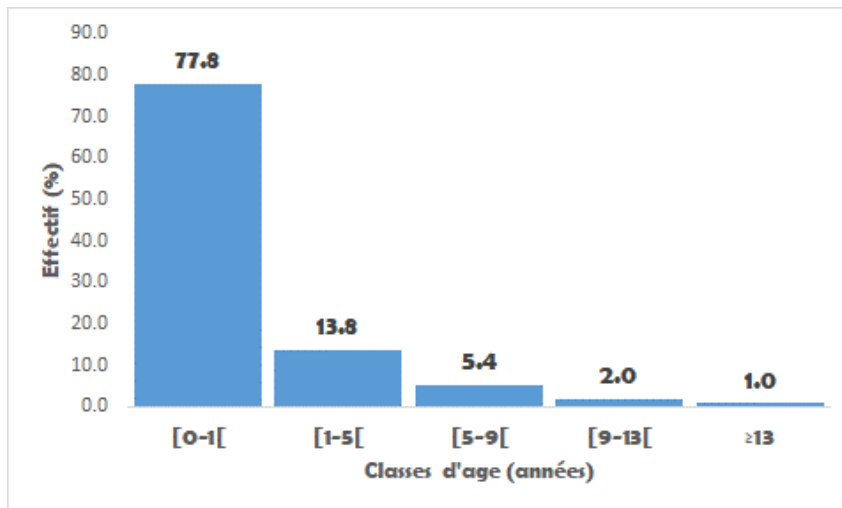
Ainsi, la période comprise entre 2019 et 2023 peut être considérée comme représentative d'un rythme opératoire stable.

1/ Données sociodémographiques :



graphe 2 Répartition des patients selon l'âge (mois)

L'analyse de la répartition des patients selon l'âge au moment de l'intervention met en évidence une prédominance nette des nourrissons de moins de 6 mois. En effet, cette tranche d'âge représente **plus de la moitié des cas** ($n = 108$; 53,2 %), soulignant la fréquence élevée des indications précoces de dérivation ventriculo-péritonéale dans les formes congénitales ou précocement symptomatiques d'hydrocéphalie. Les patients âgés de 6 à 12 mois constituent le deuxième groupe en importance avec 50 cas (24,6 %), portant ainsi à près de 78 % la proportion des enfants opérés avant l'âge d'un an. Au-delà, la fréquence diminue significativement : 13 cas (6,4 %) entre 12 et 18 mois, 2 cas (1,0 %) entre 18 et 24 mois, et 30 cas (14,8 %) pour les enfants âgés de 24 mois et plus.



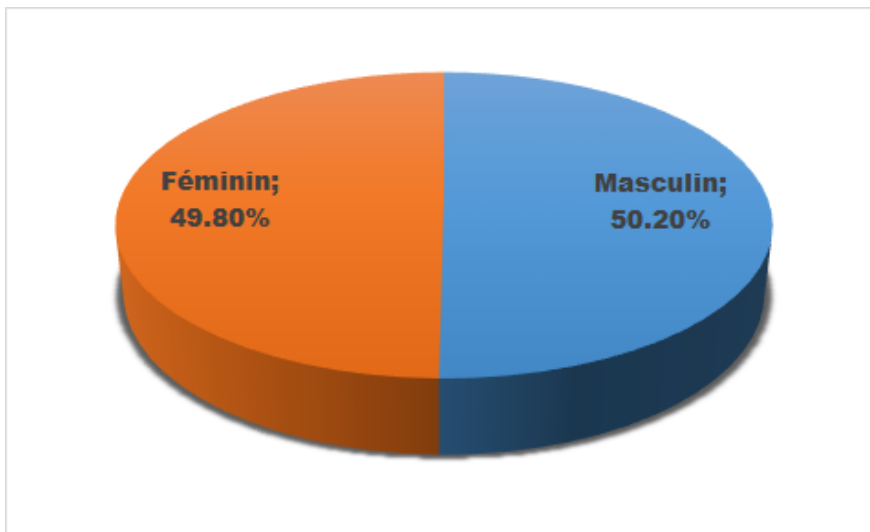
graphe 3 Répartition des patients selon l'âge (années)

La répartition des patients selon l'âge en années révèle une nette prédominance des nourrissons âgés de moins d'un an au moment de la dérivation ventriculo-péritonéale. Cette tranche d'âge regroupe à elle seule **158 patients**, soit **77,8 %** de l'ensemble de la population étudiée, confirmant que l'hydrocéphalie est principalement diagnostiquée et traitée durant la première année de vie. Les enfants âgés de 1 à 5 ans représentent **13,8 %** des cas ($n = 28$), tandis que les tranches d'âge supérieures sont moins représentées : **5,4 %** pour les 5 à 9 ans ($n = 11$), **2,0 %** pour les 9 à 13 ans ($n = 4$) et seulement **1,0 %** pour les adolescents de 13 ans et plus ($n = 2$).

Tableau 2 Statistiques descriptive de la variable âge en mois et en années

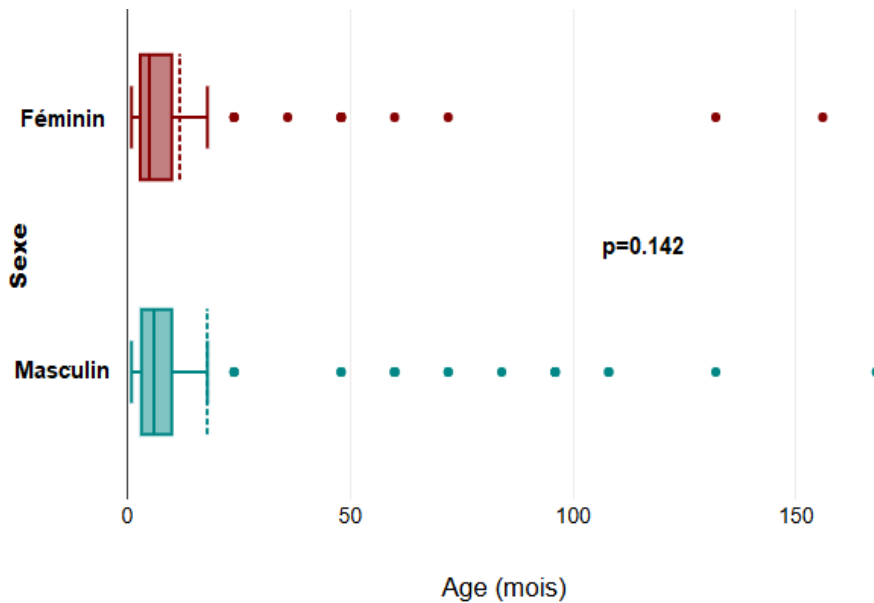
N	203	
Moyenne (Ecart type)	14.9 ± 27.7 mois	1.24 ± 2.29 ans
Min. Max	1-168 mois	0.08-13 ans
IC* à 95 % pour la moyenne	11.0 à 18.7 mois	0.919-1.55 ans
Médiane	5 mois	0.416 ans

L'analyse descriptive de l'âge des patients au moment de la pose de la dérivation ventriculo-péritonéale montre une distribution fortement centrée sur les premières années de vie. L'âge moyen est de **14,9 ± 27,7 mois** (soit **1,24 ± 2,29 ans**), avec des valeurs extrêmes allant de **1 mois à 168 mois** (soit **0,08 à 13 ans**). L'intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne est compris entre **11,0 et 18,7 mois**, ce qui témoigne d'une certaine dispersion autour de la moyenne, en lien avec quelques cas plus âgés. La médiane, quant à elle, est de **5 mois** (soit **0,416 ans**), ce qui indique que plus de la moitié des enfants ont été opérés avant l'âge de 6 mois. Cette asymétrie entre moyenne et médiane suggère une distribution **légèrement asymétrique à droite**, avec une majorité de cas très jeunes et une minorité de cas plus âgés venant étirer la moyenne vers le haut.



graphe 4 Répartition des patients selon le sexe

La répartition des patients selon le sexe montre une **quasi-parité** entre les deux genres. Sur les 203 patients inclus, **102 sont de sexe masculin** (50,2 %) et **101 de sexe féminin** (49,8 %), soit une **sex-ratio H/F de 1,01**, traduisant un léger excédent de garçons. Cette différence est toutefois négligeable d'un point de vue statistique et ne suggère pas de prédominance marquée de l'un ou l'autre sexe dans l'indication de dérivation ventriculo-péritonéale.



graphe 5 Répartition des patients selon l'âge et sexe

Box-plot présentant la comparaison d'âge entre sexe masculin et féminin

L'analyse comparative de l'âge des patients en fonction du sexe met en évidence des différences modestes, non statistiquement significatives. En mois, la moyenne d'âge chez les garçons est de $17,9 \pm 31,6$ mois, contre $11,8 \pm 22,9$ mois chez les filles, avec des médianes respectives de **6 mois** pour les garçons et **5 mois** pour les filles. En années, cela correspond à une moyenne de $1,49 \pm 2,60$ ans pour les garçons et $0,98 \pm 1,91$ ans pour les filles, avec des médianes respectives de **0,50 an** et **0,41 an**. Le test non paramétrique de Mann-Whitney n'a pas mis en évidence de différence statistiquement significative entre les deux groupes, que ce soit en mois ($U = 4549$; $p = 0,142$) ou en années ($U = 4549$; $p = 0,149$). Ainsi, bien qu'on observe une tendance à un âge légèrement plus avancé chez les patients masculins, cette différence n'est pas significative au seuil de 5 %.

Tableau 3 Répartition des patients selon l'âge (classes) et sexe

Age (mois)	Féminin		Masculin		Total	%
	N	%	N	%		
[0-6[	59	58.4	49	48	108	53.2
[12-18[	8	7.9	5	4.9	13	6.4
[18-24[	1	1	1	1	2	1
[6-12[	21	20.8	29	28.4	50	24.6
≥24	12	11.9	18	17.6	30	14.8
Total	101	100.0	102	100.0	203	100.0

Seuil de signification $p=0.3935$

La répartition des patients selon les classes d'âge et le sexe montre une distribution globalement équilibrée entre garçons et filles, sans différence statistiquement significative ($p = 0,3935$). La tranche d'âge la plus représentée est celle des **0 à 6 mois**, regroupant **59 filles (58,4 %)** et **49 garçons (48,0 %)**, soit un total de **53,2 %** de la population étudiée. La classe [6–12[mois arrive en seconde position, avec **21 filles (20,8 %)** et **29 garçons (28,4 %)**, représentant **24,6 %** de l'échantillon total. Les autres tranches d'âge sont moins fréquentes : la classe [12–18[mois concerne **13 patients (6,4 %)**, légèrement plus représentée chez les filles (**7,9 %** contre **4,9 %** chez les garçons). La classe [18–24[mois est marginale, avec **1 cas par sexe** (1 % chacun). Enfin, les patients âgés de 24 mois et plus constituent **14,8 %** de l'effectif, avec une légère prédominance masculine (**17,6 %** contre **11,9 %**). L'analyse statistique, fondée sur un test du χ^2 ou équivalent, indique qu'aucune différence significative n'existe entre les sexes en termes de répartition par classe d'âge ($p > 0,05$), suggérant une distribution homogène du facteur « âge » quel que soit le sexe.

Tableau 4 Répartition des patients selon l'origine géographique

	Effectif	Pourcentage
Annaba	50	24,6
Skikda	48	23,6
Guelma	39	19,2
El Tarf	27	13,3
Souk Ahras	17	8,4
Tebessa	16	7,9
Autres Wilayas	6	3,0
Total	203	100,0
Annaba	50	24.6
Autres Wilaya	153	75.4

La répartition des patients selon l'origine géographique révèle une **forte représentation régionale**, avec une majorité de patients provenant de la wilaya d'Annaba et de ses environs. **Annaba** constitue à elle seule **24,6 %** des cas (n = 50), suivie de **Skikda** (n = 48 ; 23,6 %), **Guelma** (n = 39 ; 19,2 %) et **El Tarf** (n = 27 ; 13,3 %), ce qui reflète la proximité géographique de ces wilayas avec le centre hospitalier de prise en charge. Les wilayas de **Souk Ahras** et **Tébessa** sont également représentées, avec respectivement **8,4 %** (n = 17) et **7,9 %** (n = 16). Les patients provenant d'autres wilayas plus éloignées ne constituent que **3,0 %** de l'échantillon (n = 6). Globalement, **les patients en dehors de la wilaya d'Annaba représentent 75,4 %** de la population étudiée, soulignant le **rôle de centre de référence régional** joué par l'établissement pour la prise en charge des hydrocéphalies nécessitant une dérivation ventriculo-péritonéale.

Tableau 5: Répartition des patients selon l'origine géographique

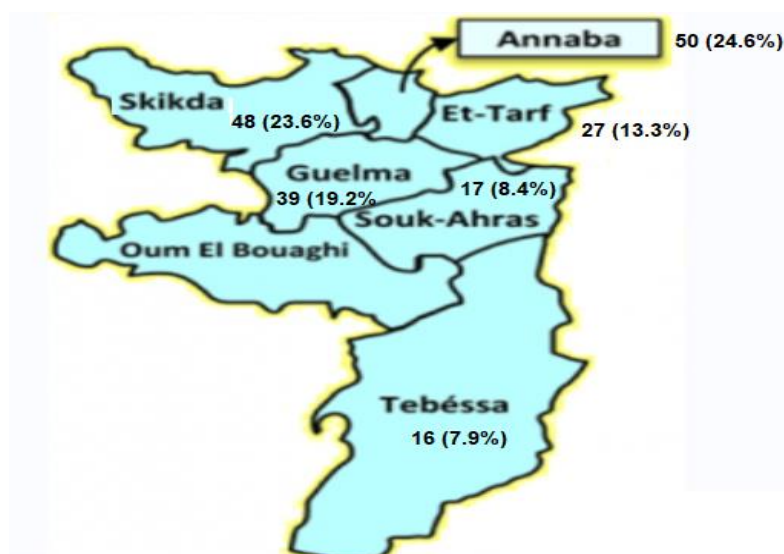
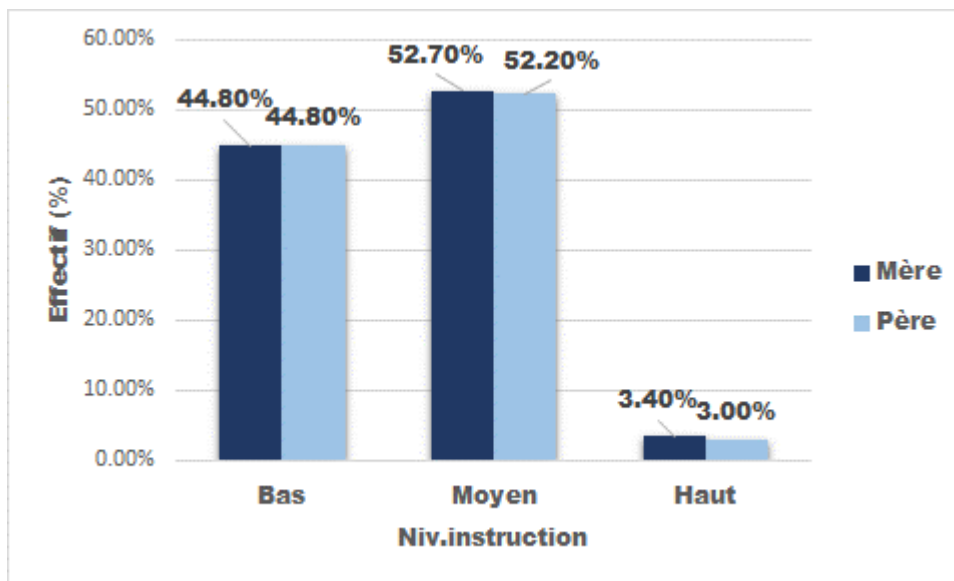
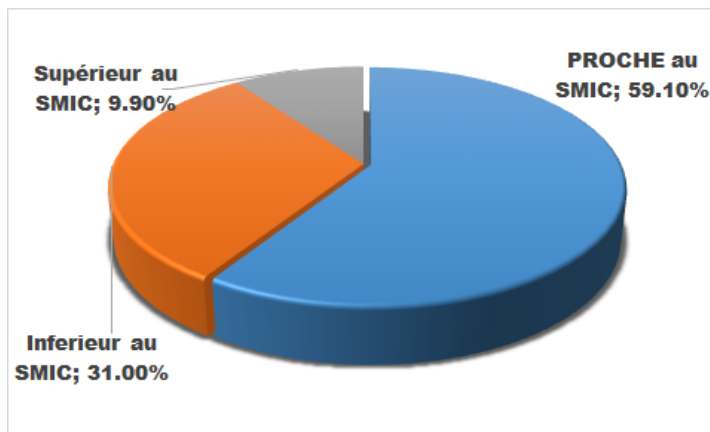


Figure 28 : répartition des patients selon l'origine géographique



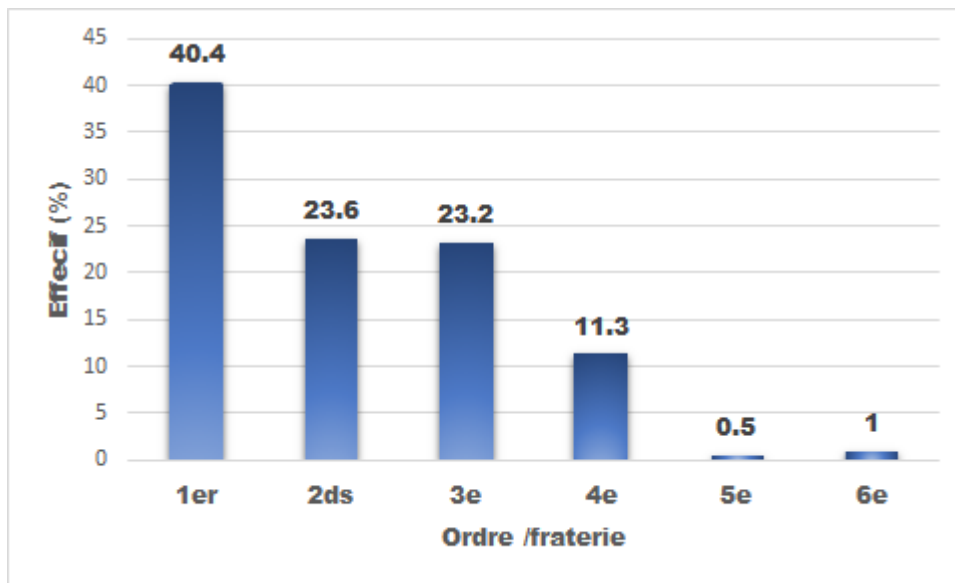
graphe 6 Répartition des patients selon niveau d’instruction des patents

L’analyse du niveau d’instruction des parents des patients révèle une prédominance des niveaux **bas à moyen**, tant chez les mères que chez les pères. Chez les **mères**, **44,8 %** (n = 89) présentent un niveau d’instruction bas, tandis que **52,7 %** (n = 107) ont un niveau moyen, et seules **7 mères (3,4 %)** ont un niveau d’instruction élevé. La répartition chez les **pères** est similaire : **44,8 %** (n = 91) ont un niveau bas, **52,2 %** (n = 106) un niveau moyen, et **3,0 %** (n = 6) un niveau élevé. Ces données soulignent que **près de 90 % des parents appartiennent à des catégories socio-éducatives modestes**.



graphe 7 Répartition des patients selon niveau socio-économique

L'analyse du niveau socio-économique des familles révèle une prédominance marquée des foyers à revenus modestes. La majorité des patients, soit **59,1 %** ($n = 120$), proviennent de familles dont le revenu est **proche du SMIC** (Salaire Minimum Interprofessionnel de Croissance). Un tiers des cas ($n = 63$; **31,0 %**) sont issus de milieux à revenu **inférieur au SMIC**, traduisant une situation de précarité socio-économique. En revanche, seules **20 familles (9,9 %)** déclarent un niveau de vie **supérieur au SMIC**.



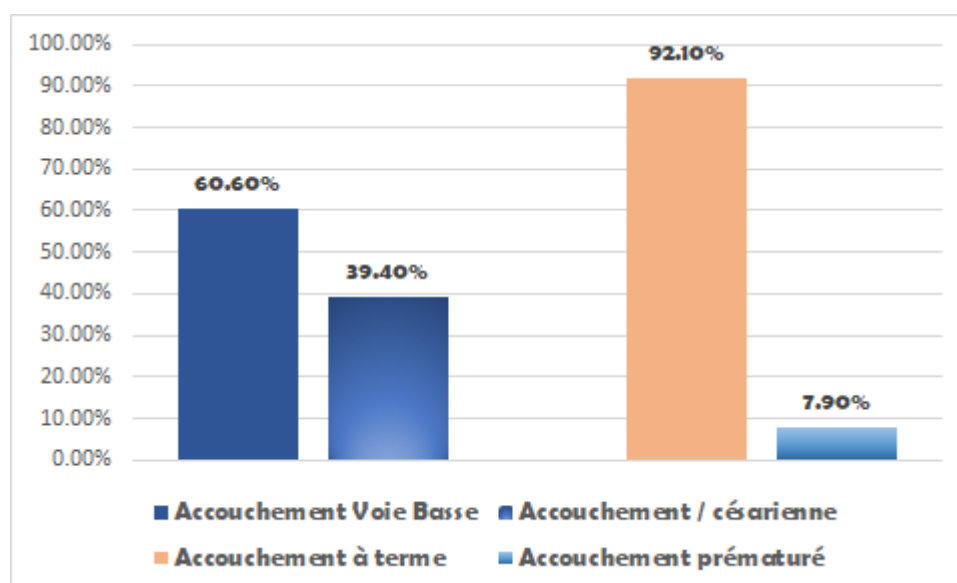
graphe 8 Répartition des patients selon l'ordre dans la fratrie

La répartition des patients selon l'ordre dans la fratrie montre une **prévalence notable des enfants de rangs précoces**, en particulier les aînés. En effet, **82 patients (40,4 %)** sont des **premiers-nés**, ce qui représente **près de la moitié** de l'échantillon. Les **deuxièmes** et **troisièmes enfants** représentent respectivement **23,6 %** ($n = 48$) et **23,2 %** ($n = 47$) des cas. À eux trois, ces groupes cumulent **87,2 %** des patients. Les rangs de naissance plus avancés sont moins représentés : **11,3 %** ($n = 23$) pour les quatrièmes enfants, et seuls **3 enfants** (soit **1,5 %**) occupent un rang de cinquième ou au-delà.

Tableau 6 Répartition des patients selon l'atteinte d'une affection pendant la grossesse

	Effectif	Pourcentage
Oui	23	11.3 %
Non	180	88.7 %
Total	203	100.0%

L'analyse de l'historique obstétrical des mères de nos patients révèle que **23 cas (11,3 %)** sont issus de grossesses ayant été marquées par une **affection maternelle déclarée pendant la gestation**, tandis que **180 cas (88,7 %)** ne rapportent aucune pathologie gravidique notable.



graphe 9 Répartition des patients selon le type d'accouchement

L'analyse des modalités d'accouchement montre que la majorité des patients (n = 123 ; **60,6 %**) sont nés par **voie basse**, tandis qu'un nombre non négligeable (n = 80 ; **39,4 %**) ont été délivrés par **césarienne**. Ce taux relativement élevé de césariennes pourrait s'expliquer par des complications obstétricales, des anomalies fœtales détectées en anténatal ou des antécédents maternels nécessitant une extraction chirurgicale. En ce qui concerne le **terme de la naissance**, **187 nouveau-nés (92,1 %)** sont nés à **terme**, tandis que **seulement 16 (7,9 %)** sont des **prématurés**.

Tableau 7 répartition des patients selon le Type Hydrocéphalie

	Effectif	Pourcentage
Tri ventriculaire	130	64.1
Tétra ventriculaire	73	35.9
Total	203	100

L'analyse du type d'hydrocéphalie montre une nette prédominance de la forme **tri-ventriculaire**, observée chez **130 patients**, soit **64,1 %** de l'échantillon. En comparaison, l'hydrocéphalie **tétraventriculaire** concerne **73 cas**, représentant **35,9 %** de la population étudiée.

Tableau 8 Répartition des patients selon le type de malformation associée à l'hydrocéphalie

Type de malformation	Effectif	% parmi les malformations (n = 90)*	% parmi l'ensemble des DVP (n = 203)
Spina bifida	77	85,6 %	37,9 %
Encéphalocèle	12	13,3 %	5,9 %
Pied bot	13	14,4 %	6,4 %

Parmi les 203 patients ayant bénéficié d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), **90** **présentaient une malformation associée**, soit une proportion de **44,3 %**. Parmi ces cas, la malformation la plus fréquemment observée est le **spina bifida**, retrouvé chez **77 patients**, représentant **85,6 %** des malformations associées, soit **37,9 %** de l'ensemble des patients. L'**encéphalocèle** est observée chez **12 patients** (13,3 % des malformations ; 5,9 % de l'ensemble), tandis que le **pied bot**, souvent associé aux syndromes polymalformatifs, est retrouvé chez **13 patients** (14,4 % des malformations ; 6,4 % de la population totale). Ces résultats confirment la **forte association entre le spina bifida et l'hydrocéphalie**.

Tableau 9 la relation entre Spina Bifida et Déficit Moteur

	Effectif	Pourcentage
Oui	63	81.8
Non	14	18.2
Total	77	100.00%

Parmi les **77 patients porteurs de spina bifida** inclus dans cette étude, **63 présentent un déficit moteur**, soit une proportion de **81,8 %**, contre seulement **14 cas (18,2 %)** sans atteinte motrice. Ces résultats illustrent la **forte corrélation entre le spina bifida et les déficits moteurs**, en particulier dans les formes lombaires et sacrées où l'atteinte de la moelle épinière est fréquente.

Prévalence des malformations associées (spina bifida, encéphalocèle, pied bot) :

Type d'Association de malformation :

11 cas (12.2%) de Spinabifida+ Pied Bot

1 cas (1.1%) d'Encéphalocèle+ Pied Bot

Parmi les patients présentant des malformations associées à l'hydrocéphalie, certaines **formes combinées** ont été identifiées, suggérant un **phénotype polymalformatif** complexe. La combinaison la plus fréquente est celle du **spina bifida associé à un pied bot**, retrouvée chez **11 patients**, soit **12,2 %** des cas de malformation. Cette association est typique des dysraphismes complexes, souvent observés dans les myéloméningocèles lombosacrées, où les atteintes neurologiques précoces entraînent des déformations orthopédiques des membres inférieurs. Un cas unique (1,1 %) d'association entre **encéphalocèle et pied bot** a également été recensé, illustrant une atteinte du développement embryonnaire affectant à la fois le système nerveux central et les structures périphériques.

Tableau 10 Mesure du périmètre crânien (cm)

Périmètre crânien en cm	Effectif	Pourcentage
35-40	3	1,5%
40-45	37	18,2%
45-50	88	43,3%
55-60	67	33,0%
60-65	8	3,9%
Total	203	100,0%

Statistiques descriptives					
N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum
203	48.6	48	5.00	37	63

La mesure du périmètre crânien à l'admission a été réalisée chez l'ensemble des 203 patients.

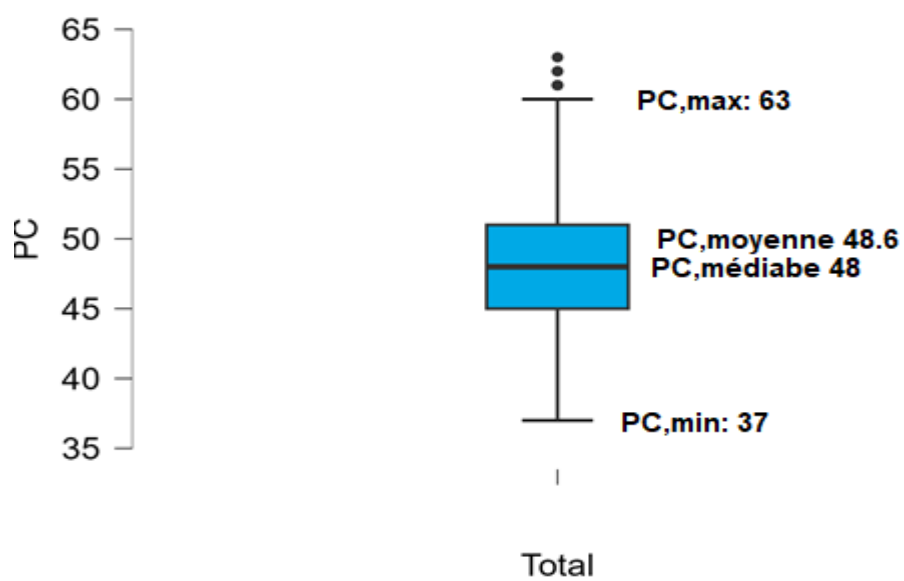
La majorité des patients (43,3 %) présentent un **périmètre crânien compris entre 45 et 50 cm**, correspondant à des formes modérées d'hydrocéphalie au moment du diagnostic.

Une proportion importante (33,0 %) a un **périmètre entre 55 et 60 cm**, traduisant des formes plus avancées, souvent associées à une distension crânienne majeure.

Les extrêmes (<40 cm et >60 cm) sont rares (1,5 % et 3,9 % respectivement), illustrant des cas très précoces ou très évolués.

La **moyenne de 48,6 cm** et la **médiane de 48 cm** traduisent une répartition relativement centrée sur des valeurs intermédiaires.

L'**écart-type de 5 cm** montre une variabilité modérée des périmètres crâniens, avec des valeurs allant de **37 cm à 63 cm**.



graphe 10 Box plot présentant la distribution du Périmètre Crânien (cm)

Tableau 11 date de début signes(en mois).

N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum
203	1.23	0.00	3.96	0.00*	48.0

0.00 = à la naissance

L'âge de début des signes cliniques d'hydrocéphalie a été évalué pour l'ensemble des 203 patients. La **moyenne** est de **1,23 mois**, avec une **médiane à 0,00 mois**, indiquant que plus de la moitié des enfants ont présenté des signes **dès la naissance**. Cette précocité est confirmée par la **valeur minimale de 0,00 mois**, correspondant à une symptomatologie **néonatale immédiate**. L'**écart-type**, relativement élevé (**3,96 mois**), ainsi que la **valeur maximale de 48 mois**, traduisent une variabilité importante dans le délai d'apparition des symptômes.

Tableau 12 répartition des patients en fonction de la présence de signes cliniques

Signes	Effectif	Pourcentage
Présence	193	95.1
Absence	10	4.9
Total	203	100.0%

L'évaluation de la symptomatologie clinique chez les patients porteurs d'hydrocéphalie révèle que **193 patients (95,1 %)** présentaient des **signes cliniques évocateurs** au moment du diagnostic. Seuls **10 cas (4,9 %)** ont été identifiés en **l'absence de signes cliniques apparents**, souvent dans un contexte de dépistage systématique, d'imagerie prénatale ou postnatale, ou encore à l'occasion du suivi d'une malformation associée.

Tableau 13 Statistiques descriptives du nombre de signes cliniques

	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum
Nbre SClin.	203	3.27	2	2.41	0	8

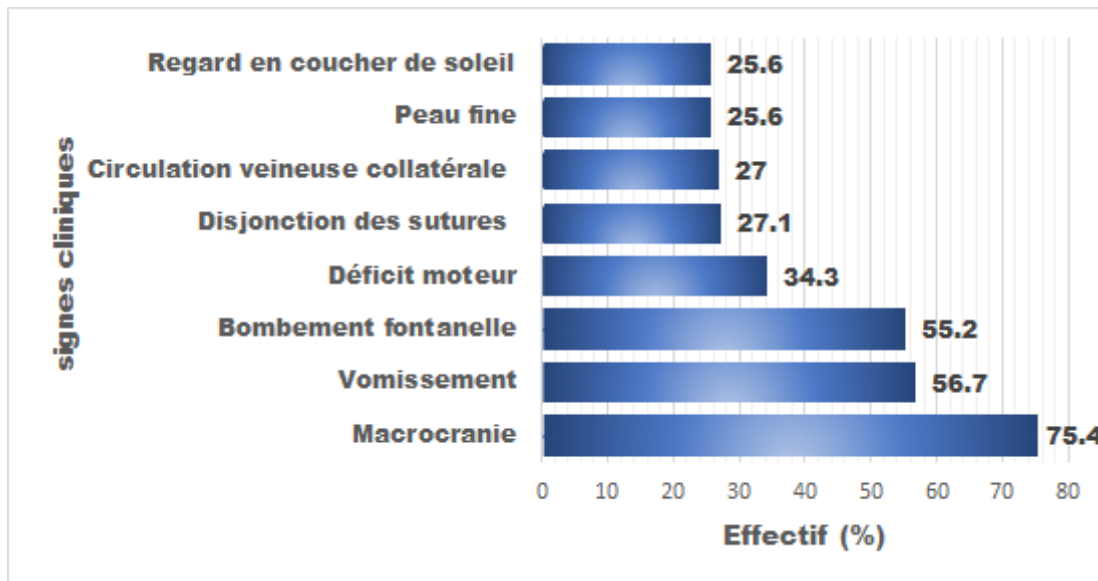
Ces résultats mettent en évidence une **hétérogénéité notable** dans la présentation clinique des patients, avec des nombres de signes variant de 0 (absence de manifestation clinique apparente) à 8 (présentation clinique particulièrement riche et complexe).

La **médiane de 2** indique que la majorité des patients présentaient un nombre limité de signes cliniques au moment du diagnostic.

Tableau 14 répartition en fonction du Type de signes cliniques :

Type de signes cliniques	Effectif	% parmi les signes cliniques (n = 193)*	% parmi l'ensemble des DVP (n = 203)
Macrocranie	153	79.3	75.4
Vomissement	114	59.1	56.2
Bombement fontanelle	111	57.5	54.7
Déficit moteur	70	36.3	34.5
Disjonction des sutures	56	29.0	27.6
Circulation veineuse collatérale	54	28.0	26.6
Peau fine	52	26.9	25.6
Regard en coucher de soleil	52	26.9	25.6

(*) = " Plusieurs signes peuvent être présentes chez un même cas."



graphe 11 répartition en fonction du Type de signes cliniques :

Chez les **193 patients symptomatiques** (95,1 % de l'échantillon total), les signes cliniques observés sont multiples, traduisant la diversité des manifestations de l'hydrocéphalie. Le symptôme le plus fréquent est la **macrocrânie**, présente chez **153 patients**, soit **79,3 % des cas symptomatiques** et **75,4 % de l'ensemble de la cohorte**. Les **vomissements** (n = 114 ; 59,1 %) et le **bombement de la fontanelle antérieure** (n = 111 ; 57,5 %) constituent également des manifestations courantes, souvent révélatrices d'une hypertension intracrânienne. Le **déficit moteur** est observé chez **70 patients** (36,3 % des symptomatiques), traduisant une atteinte neurologique plus avancée ou associée à des malformations comme le spina bifida. Parmi les signes indirects de distension intracrânienne, on note la **disjonction des sutures** (n = 56 ; 29,0 %), la **circulation veineuse collatérale** (n = 54 ; 28,0 %) et la **peau fine** du cuir chevelu (n = 52 ; 26,9 %). Enfin, le **regard en coucher de soleil**, signe neurologique spécifique, est présent chez **52 enfants**, représentant 26,1 % des cas totaux. Il convient de rappeler que **plusieurs signes peuvent coexister chez un même patient**.

Tableau 15 Répartition selon le nombre de signes cliniques

	Effectif (*)	Pourcentage
Huit	16	8.3
Sept	18	9.3
Six	17	8.8
Cinq	6	3.1
Quatre	10	5.2
Trois	34	17.6
Deux	49	25.4
Un	43	22.3

L'analyse de la distribution du **nombre de signes cliniques** par patient met en évidence une hétérogénéité importante dans la présentation symptomatique de l'hydrocéphalie. La majorité des patients symptomatiques présentent **un nombre limité de signes : 49 patients (25,4 %)** ont manifesté **deux signes**, et **43 patients (22,3 %)** un seul signe clinique. Ces deux groupes représentent à eux seuls **près de la moitié** des cas (47,7 %), traduisant souvent une détection relativement précoce ou des formes cliniquement peu bruyantes. À l'opposé, certains patients cumulent un **nombre élevé de symptômes : 16 cas (8,3 %)** présentent **huit signes cliniques**, **18 cas (9,3 %)** sept signes, et **17 cas (8,8 %)** six signes, ce qui pourrait refléter des formes évoluées ou négligées, souvent associées à une hypertension intracrânienne sévère. Les groupes intermédiaires (trois à cinq signes) représentent 25,0 % de l'échantillon.

Tableau 16 répartition selon le nombre inférieur ou supérieur ou égale à trois signes cliniques

	Effectif	Pourcentage
<3 signes	103	50.7 %
≥3 signes	100	49.3 %
Total	203	100,0%

Une **légère majorité** des patients (50,7 %) présente **moins de 3 signes cliniques** au moment du diagnostic, traduisant des formes à symptomatologie plus discrète ou un diagnostic précoce.

À l'inverse, **49,3 %** des patients présentent **au moins 3 signes cliniques**, ce qui reflète des formes plus riches cliniquement et potentiellement plus avancées.

Tableau 17 :répartition des patients en fonction des **explorations radiologiques**

	Effectif(*)	Pourcentage
Echographie transfontanellaire	14	6.9 %
TDM	184	90.6 %
IRM	104	51.2 %

(*) Seul ou associé

L'évaluation radiologique des patients atteints d'hydrocéphalie repose principalement sur des examens d'imagerie cérébrale, réalisés soit de manière **exclusive**, soit en **association**. La **tomodensitométrie (TDM)** constitue l'examen le plus fréquemment utilisé, avec **184 cas (90,6 %)**, reflétant son **accessibilité**, sa **rapidité de réalisation** et sa capacité à détecter efficacement les dilatations ventriculaires. L'**imagerie par résonance magnétique (IRM)**, bien que moins systématique, a été réalisée chez **104 patients (51,2 %)**.

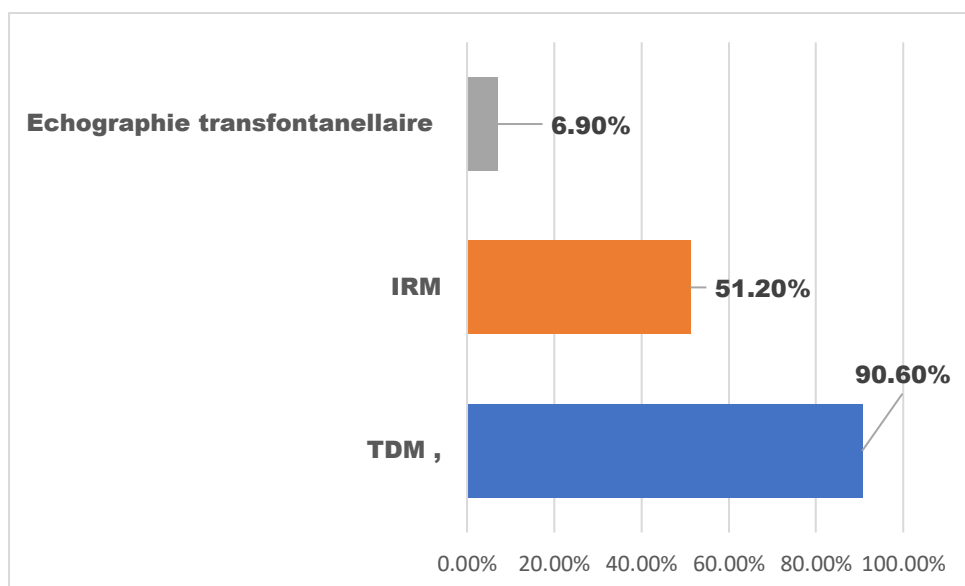
Enfin, l'**échographie transfontanellaire**, principalement réservée aux **nouveau-nés et nourrissons à fontanelle ouverte**, n'a été utilisée que chez **14 patients (6,9 %)**.

Association de type d'Exploration radiologique :

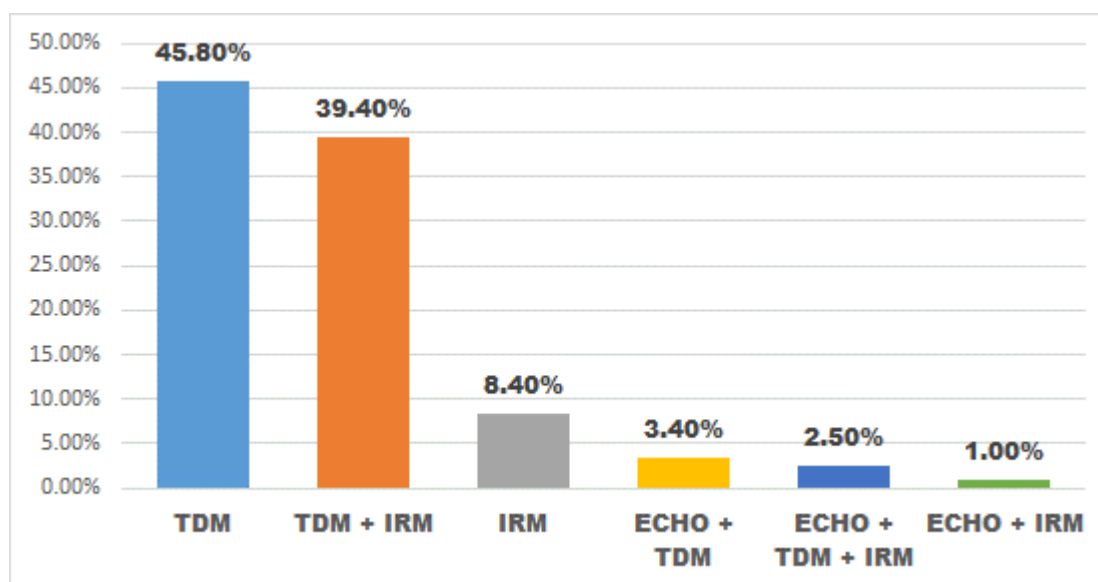
3 types 5 cas

2 types 89 cas

1 type 110 cas



graphe 12 répartition des patients en fonction des **explorations radiologiques**



graphe 13 : Association de type d'Exploration radiologique

L'étude des associations entre les différentes modalités d'exploration radiologique révèle que la **tomodensitométrie (TDM)** est non seulement l'examen le plus utilisé, mais aussi la base commune à la majorité des combinaisons. Elle a été utilisée **seule** chez **93 patients (45,8 %)**, et en **association avec l'IRM** chez **80 patients (39,4 %)**, ce qui démontre la complémentarité clinique de ces deux examens, notamment pour affiner le diagnostic ou explorer les malformations associées. L'IRM isolée a été réalisée chez **17 patients (8,4 %)**, probablement dans des contextes spécifiques où la TDM n'était pas justifiée d'emblée (nouveau-nés, absence d'urgence). Les associations impliquant l'**échographie transfontanellaire** sont plus

rares : **7 patients (3,4 %)** ont eu une échographie combinée à une TDM, **5 patients (2,5 %)** ont bénéficié de la triple association échographie–TDM–IRM, et **2 cas (1,0 %)** d’une combinaison échographie–IRM.

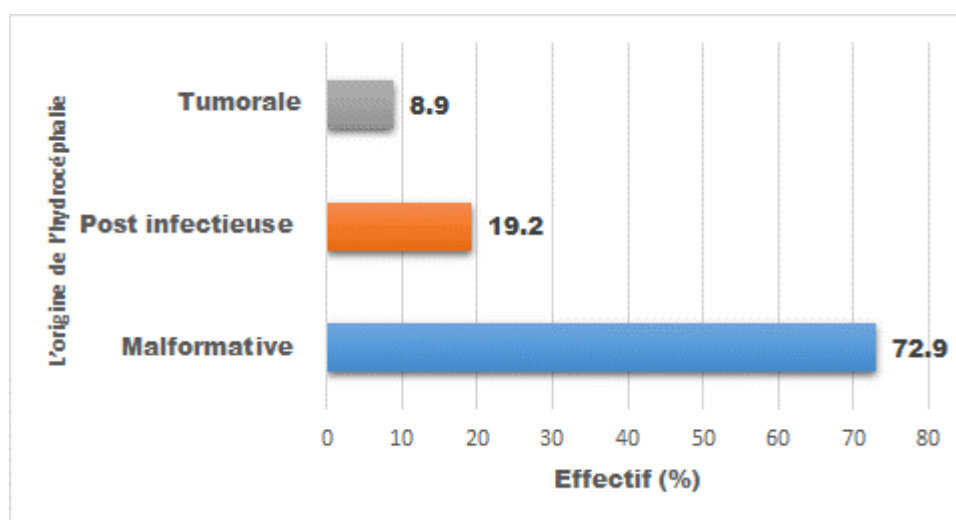
Tableau 18 :répartition des patients en fonction des causes d’hydrocéphalie

	Effectif (*)	Pourcentage
Malformative	148	72.9
Post infectieuse	39	19.2
Tumorale	18	8.9

*Seule ou associée

Association : Malformative+ Post infectieuse 4 cas soit 2.0%

L’analyse des causes d’hydrocéphalie dans la population étudiée révèle une nette **prédominance des formes malformatives**, identifiées chez **148 patients**, soit **72,9 %** des cas. Cette catégorie inclut les malformations du système nerveux central telles que le spina bifida, la sténose de l’aqueduc de Sylvius, le syndrome de Chiari II, ou encore les encéphalocèles. Les **formes post-infectieuses** occupent la seconde position avec **39 cas (19,2 %)**, reflétant l’impact des infections méningées ou ventriculaires, en particulier en période néonatale. Les **étiologies tumorales** sont moins fréquentes, représentant **8,9 %** des cas (n = 18), généralement secondaires à des tumeurs obstructives situées en région ventriculaire ou périventriculaire. Enfin, **une association étiologique** entre forme **malformative et post-infectieuse** a été identifiée dans **4 cas (2,0 %)**.

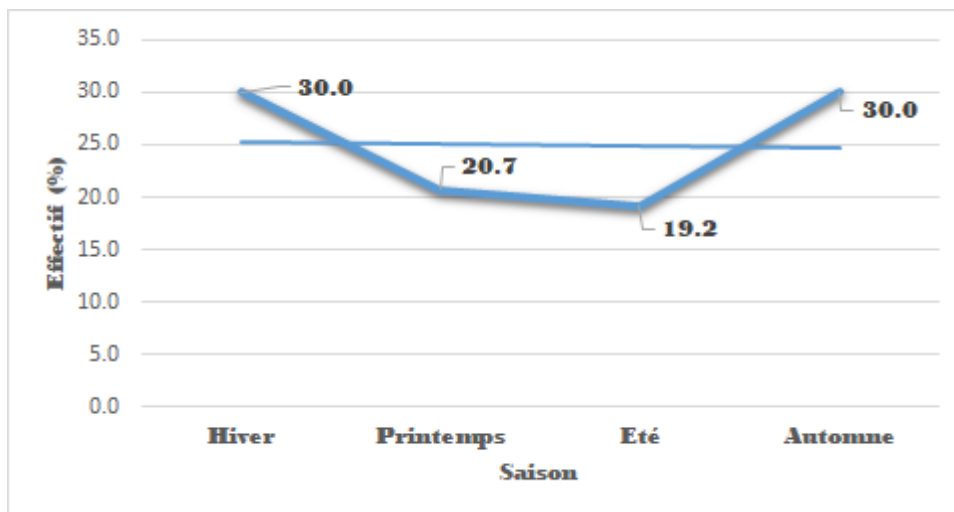


graphe 14 répartition des patients en fonction des causes d'hydrocéphalie

Tableau 19 Répartition saisonnière des mises en place de la DVP

	Effectif	Pourcentage
Hiver	61	30.0
Printemps	42	20.7
Eté	39	19.2
Automne	61	30.0
Total	203	100.0

La répartition saisonnière des mises en place de dérivations ventriculo-péritonéales montre une **distribution relativement équilibrée**, avec cependant une **fréquence plus élevée en hiver et en automne**, périodes au cours desquelles **61 interventions** ont été réalisées chacune, soit **30,0 %** du total. Le **printemps** et l'**été** enregistrent respectivement **42 cas (20,7 %)** et **39 cas (19,2 %)**.

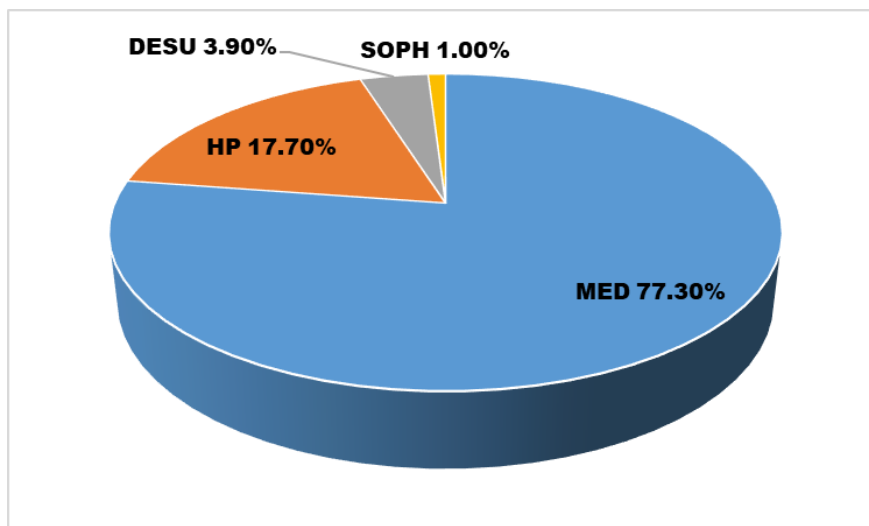


graphe 15 Répartition saisonnière des mises en place de la DVP

Tableau 20 Répartition selon le côté de la DVP

	Effectif	Pourcentage
Droit	188	92.6
Gauche	15	7.4
Total	203	30.0

La mise en place de la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) a été réalisée **majoritairement du côté droit**, avec **188 cas**, soit **92,6 %** de l'ensemble des interventions. Le **côté gauche** n'a été utilisé que chez **15 patients (7,4 %)**.



graphe 16 : Répartition selon la marque de la valve :

L'analyse de la répartition des patients selon la **marque de valve** utilisée pour la dérivation ventriculo-péritonéale montre une **forte prédominance de la marque MED**, implantée chez **157 patients**, soit **77,3 %** de l'ensemble de la cohorte. La marque **HP** arrive en deuxième position avec **36 cas (17,7 %)**, tandis que les valves **DESU** et **SOPH** ont été utilisées de manière plus marginale, respectivement chez **8 patients (3,9 %)** et **2 patients (1,0 %)**. Cette distribution reflète la **disponibilité locale du matériel**. Le recours quasi systématique à une seule marque peut également avoir des implications en termes de **standardisation du geste chirurgical**, mais nécessite une **évaluation spécifique du profil de complications associé à chaque type de valve**, notamment en ce qui concerne les risques d'obstruction ou de dysfonctionnement.

II-Analyse des complications

Tableau 21 Répartition des patients ayant présenté des complications.

	Effectif	Pourcentage
Oui	89	43.80%
Non	114	56.20%
Total	203	100

Parmi les 203 patients ayant bénéficié d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), **89 patients (43,8 %)** ont présenté au moins une **complication post-opératoire**, tandis que **114 patients (56,2 %)** n'en ont présenté aucune. Ce taux de complications, proche de **44 %**, est conforme aux données de la littérature, qui rapportent fréquemment des taux de complication allant de **30 à 50 %** dans les cohortes pédiatriques, notamment en raison des risques d'**infection**, d'**obstruction**, de **migration du cathéter** ou de **malfonction de la valve**. Ce chiffre souligne la **fragilité des patients porteurs de DVP**, ainsi que l'importance d'un **suivi rigoureux à long terme**, associant surveillance clinique, radiologique et réintervention précoce en cas de signe de dysfonctionnement.

Délais moyens entre chirurgie et apparition des complications

Tableau 22 Délais entre chirurgie et complications (en mois)

Statistiques descriptives					
N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min.	Max.
89	5.10	2.6	9.37	0.03	69.7

Parmi les **89 patients** ayant présenté des complications après dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), le **délai moyen** de survenue des complications est de **5,10 mois**, avec une **médiane de 2,6 mois**, traduisant une tendance à la survenue précoce des événements indésirables post-opératoires. L'**écart-type élevé** (9,37 mois) ainsi que l'**amplitude importante** (de 0,03 à 69,7 mois) indiquent une **variabilité considérable** entre les patients,

certaines complications étant **immédiates ou précoces**, et d'autres **tardives**, survenant plusieurs années après l'implantation initiale. Cette distribution suggère la nécessité d'une **vigilance renforcée dans les premiers mois**, période à haut risque, tout en justifiant un **suivi prolongé à long terme**, en raison du potentiel de complications différées, telles que l'obstruction chronique ou les infections tardives.

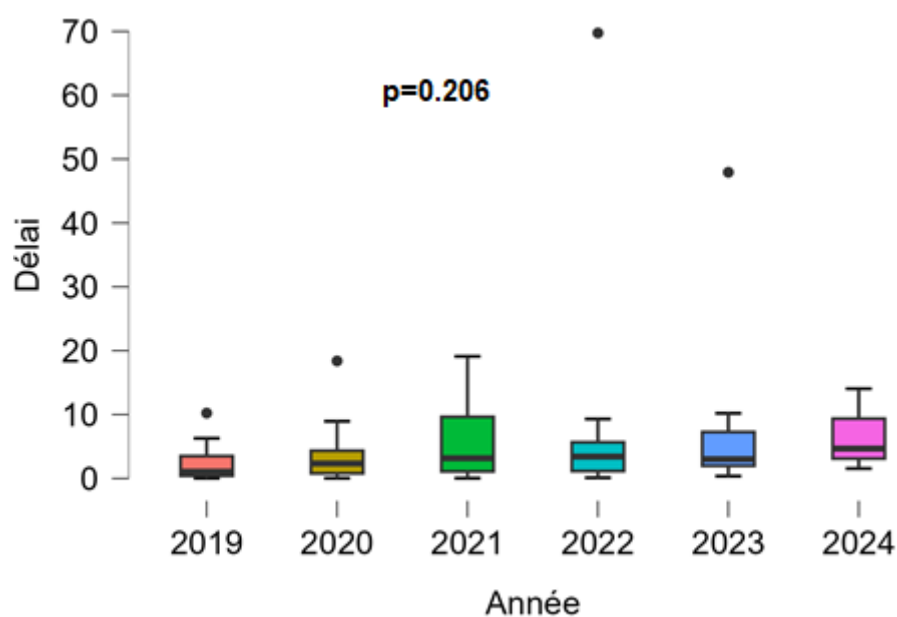
Tableau 23 :Statistiques descriptives de la variable délai moyen de chirurgie et survenue de complication

Statistiques descriptives de la variable délai moyen de chirurgie						
Année	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min.	Max.
2019	19	2.26	1.05	2.72	0.03	10.2
2020	17	3.51	2.34	4.48	0.03	18.4
2021	17	5.78	3.16	6.3	0.03	19.1
2022	21	6.67	3.42	14.72	0.1	69.7
2023	12	7.74	3.01	13.02	0.36	47.9
2024	3	6.76	4.67	6.51	1.55	14.1

Test de Kruskal-Wallis			
Facteur	Statistiques	dl	p
Année	7.198	5	0.206

L'analyse des délais moyens entre l'intervention chirurgicale et la survenue des complications, répartis par année, révèle une **tendance progressive à l'allongement du délai au fil du temps**. En 2019, le délai moyen était de **2,26 mois**, avec une médiane de **1,05 mois**, traduisant des complications essentiellement **précoces**. Ce délai augmente progressivement pour atteindre **6,67 mois en 2022** et **7,74 mois en 2023**, suggérant une **meilleure durabilité initiale** des dispositifs ou une **détection plus tardive des complications**. En 2024, bien que le nombre de cas soit faible ($n = 3$), le délai moyen reste élevé (**6,76 mois**), avec une médiane de **4,67 mois**. L'**écart-type** augmente également avec les années, notamment en 2022 (14,72) et 2023 (13,02), reflétant une **variabilité interindividuelle marquée**.

Le **test de Kruskal-Wallis**, utilisé pour comparer les délais entre les années, montre une **absence de différence statistiquement significative** ($p = 0,206$; $dl = 5$), bien qu'une tendance à l'augmentation du délai soit observée. Cette absence de signification statistique peut être liée à **la dispersion des données et la taille inégale des sous-groupes annuels**.



graphe 17 Statistiques descriptives de la variable délai moyen de chirurgieet survenue de complications

Tableau 24 délais de complications <5 mois et ≥5 mois

Délais	Effectif	Pourcentage
<5mois	65	73.0 %
≥5mois	24	27.0 %
Total	89	100

La majorité des complications (73,0 %) surviennent dans les **5 premiers mois** suivant la pose de la dérivation ventriculo-péritonéale.

Un peu plus d'un quart des complications (27,0 %) apparaissent après **5 mois**, traduisant des événements plus tardifs.

Cette répartition confirme une **tendance à la survenue précoce des complications post-DVP**, la période initiale suivant l'implantation représentant la phase de plus grande vulnérabilité.

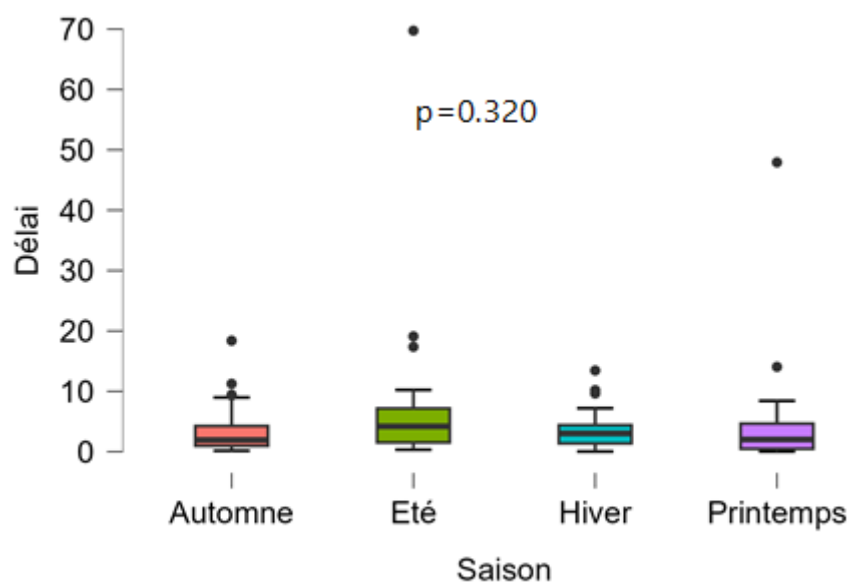
Tableau 25 relation saisonnalité et complications

Statistiques descriptives de la variable délai moyen de chirurgie						
Saison	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min.	Max.
Printemps	16	5.93	2.03	11.81	0.03	47.9
Hiver	24	3.65	3.03	3.43	0.03	13.4
Automne	31	3.55	1.94	4.26	0.16	18.4
Été	18	8.97	4.2	16.1	0.33	69.7

Test de Kruskal-Wallis			
Facteur	Statistiques	dl	p
Saison	3.507	3	0.320

L'analyse du délai moyen entre la chirurgie de dérivation ventriculo-péritonéale et la survenue des complications, en fonction des saisons, met en évidence des **variations notables mais non significatives**. Le **délai moyen le plus élevé** est observé en **été**, avec **8,97 mois** (médiane : 4,2 mois ; écart-type : 16,1), suivi du **printemps (5,93 mois, médiane : 2,03)**. En revanche, les délais sont plus courts en **automne (3,55 mois)** et en **hiver (3,65 mois)**, avec des médianes respectivement à **1,94** et **3,03 mois**. Ces différences peuvent refléter des **facteurs contextuels saisonniers**, comme des délais de suivi, des infections nosocomiales variables selon les périodes de l'année, ou encore des contraintes logistiques.

Toutefois, le **test de Kruskal-Wallis** ne met pas en évidence de différence statistiquement significative entre les saisons (**p = 0,320 ; dl = 3**), ce qui suggère que la **saisonnalité ne constitue pas un facteur influent majeur** sur le délai de survenue des complications dans cette cohorte. La tendance observée en été, bien que non significative, pourrait mériter une exploration complémentaire sur un plus grand échantillon ou en lien avec d'autres variables contextuelles.



graphe 18 :relation saisonnalité et complications

Tableau 26 Types de complications

Type Cplic.	Effectif	% parmi les complications (n = 89)*	% parmi l'ensemble des DVP (n = 203)
Mécanique	44	49.4	21.7
Infectieuse	43	48.3	21.2
Mise à nue chambre	11	12.4	5.4
Occlusion	8	9.0	3.9
Ecoulement de LCR	5	5.6	2.5
Hyper drainage	3	3.4	1.5
Mise à nue cathéter abdominal.	1	1.1	0.5
Déconnection	1	1.1	0.5

Parmi les **89 patients** ayant présenté des complications (43,8 % de la cohorte totale), les complications observées sont majoritairement de **nature mécanique (n = 44 ; 49,4 %)** et **infectieuse (n = 43 ; 48,3 %)**, représentant à elles seules **plus de 97 % des complications recensées**. Rapportées à l'ensemble des DVP (n = 203), ces deux catégories concernent respectivement **21,7 % et 21,2 %** de l'ensemble des cas, soulignant leur **poids épidémiologique majeur**.

Parmi les autres types de complications, on note la **mise à nue de la chambre sous-cutanée** chez **11 patients (12,4 % des complications ; 5,4 % des DVP)**, ainsi que des cas plus spécifiques comme **l'occlusion intestinale associée à la dérivation (n = 8 ; 9,0 %)**, les **écoulements de LCR (n = 5 ; 5,6 %)**, et quelques situations rares telles que **l'hyperdrainage (n = 3)**, la **mise à nue du cathéter abdominal (n = 1)**, ou encore une **déconnexion du système (n = 1)**.

Tableau 27 corrélation de la perturbation des paramètres biologiques chez les patients avec des complications infectieuses

	Effectif (*)	Pourcentage
Fièvre	37	41.6
Tx de globules blanc élevé	35	39.3
Taux d'hémoglobine bas	14	15.7

(*) Seule ou associée

Chez les **43 patients** ayant développé une **complication infectieuse** liée à la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), les manifestations biologiques et cliniques les plus fréquemment rapportées sont la **fièvre** (n = 37 ; **41,6 %** des cas) et une **élévation du taux de globules blancs** (n = 35 ; **39,3 %**), traduisant une **réponse inflammatoire systémique** évocatrice d'une infection active. Un **taux d'hémoglobine bas** a été observé chez **14 patients (15,7 %)**, sans que cela constitue un marqueur spécifique de l'infection, mais plutôt un indicateur de l'état général ou d'un terrain fragilisé.

Tableau 28 :Prise en charge des complications

	Effectif	Pourcentage
Ablation de valve	34	16.7%
Mise en place d'une DVE	1	0.5 %
Révision	75	36.9%
Nombre de révision /75		
5 fois	1	1.3
3 fois	11	14.7
2 fois	19	25.3
1 fois	44	58.7

Parmi les 89 patients ayant présenté des complications, la majorité a nécessité une **intervention chirurgicale**, avec en premier lieu une **révision du système de dérivation**, réalisée chez **75 patients**, soit **36,9 %** de l'ensemble de la cohorte. Parmi eux, la majorité a subi une seule révision (**n = 44 ; 58,7 %**), tandis que **19 patients (25,3 %)** ont nécessité **deux réinterventions**, **11 patients (14,7 %)** trois réinterventions, et **1 patient (1,3 %)** cinq réinterventions, témoignant de la **complexité et de la récurrence possible des dysfonctionnements du shunt**.

Par ailleurs, une **ablation complète de la valve** a été réalisée chez **34 patients (16,7 %)**, le plus souvent dans un contexte d'infection avérée ou de défaillance du système. Un seul cas (0,5 %) a nécessité la mise en place d'un **drainage ventriculaire externe (DVE)**,

MORTALITÉ

Tableau 29 :taux de mortalité

	Effectif	Pourcentage
Non	187	92.2%
Oui	16	7.8%
Total	203	100.0

Sur les **203 patients** ayant bénéficié d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), **16 décès ont été enregistrés**, soit un **taux de mortalité de 7,8 %**, tandis que **187 patients (92,2 %)** ont survécu. Ce taux de mortalité, bien que relativement modéré,

Tableau 30 :répartition des patients décédés en fonction du sexe

SEXE		
Masculin	11	68.8 %
Féminin	05	31.2 %
Sex.ratio	2.2	

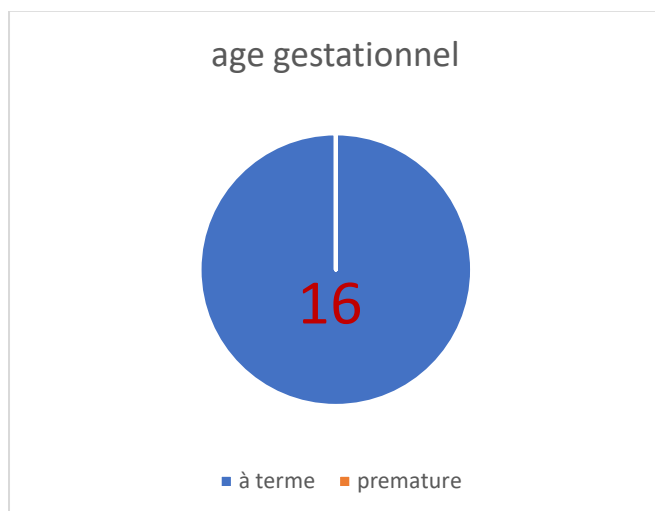
Parmi les **16 patients décédés** après dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), une **prédominance masculine** est observée : **11 patients (68,8 %)** étaient de sexe masculin, contre **5 patientes (31,2 %)** de sexe féminin, soit une **sex-ratio H/F de 2,2**.

Tableau 31 :répartition des patients décédés en fonction de l'âge

AGE	valeur
Age (moy.±E.type) (mois)	12.8 ± 19.7
Min. Max	2-72
Médiane	4

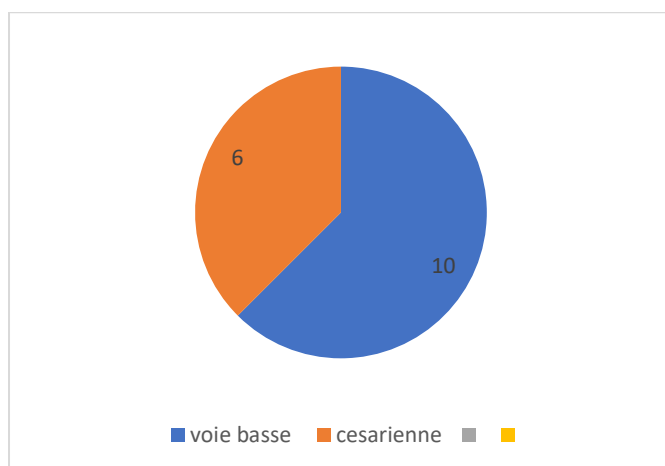
L'analyse de l'âge des **16 patients décédés** après mise en place d'une dérivation ventriculo-péritonéale révèle une **moyenne d'âge de 12,8 mois**, avec un **écart-type de 19,7 mois**, témoignant d'une **grande dispersion** des âges au moment du décès. La **médiane** est de **4**

mois, ce qui indique que **la moitié des décès sont survenus avant cet âge**, traduisant une **surmortalité en période néonatale et post-néonatale précoce**. L'âge extrême varie de **2 mois à 72 mois**, soit jusqu'à 6 ans.



graphe 19 répartition des patients décédés en fonction l'âge gestationnel

Comme le montre le graphique, **la totalité des 16 patients décédés sont nés à terme**



graphe 20 :répartition des patients décédés en fonction de la voie d'accouchement

Le graphique circulaire présente la répartition des **16 patients décédés** selon le **type d'accouchement**. Parmi eux, **10 patients** sont nés par **voie basse**, représentant **62,5 %** des cas, tandis que **6 patients** sont nés par **césarienne**, soit **37,5 %**.

Tableau 32 :répartition du type d'hydrocéphalie parmi les patients décédés .

	Effectif (*)	Pourcentage
Type d'hydrocéphalie		
HDC tetra	9	56.25
HDC tri	7	43.75

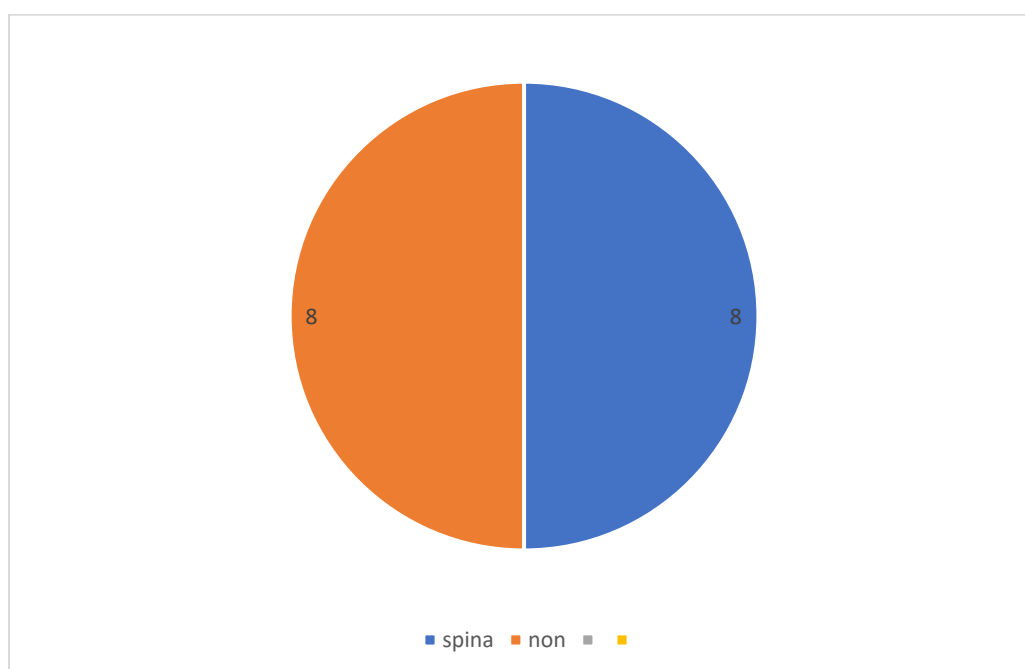
Parmi les **16 patients décédés**, **9 cas** présentaient une **hydrocéphalie tétraventriculaire**, représentant **56,25 %** des décès, tandis que **7 cas** avaient une **hydrocéphalie triventriculaire**, soit **43,75 %**.

Tableau 33 : répartition de l'origine de l'hydrocéphalie parmi les patients décédés

	Effectif (*)	Pourcentage
origine de l'hydrocéphalie		
Malformative	12	75
Post infectieuse	2	12.5
Tumorale	2	12.5

(*) Seul ou associé

Parmi les **16 patients décédés**, l'origine de l'hydrocéphalie était **malformative** dans **12 cas**, soit **75 %**. Deux patients (12,5 %) présentaient une hydrocéphalie **post-infectieuse**, et **2 autres cas (12,5 %)** étaient liés à une étiologie **tumorale**. Ces origines pouvaient être isolées ou associées.



graphe 21 proportion des spina parmi les patients décédés

16 patients décédés en fonction de la présence d'un **spina bifida**. Parmi eux, **8 patients** (soit **50 %**) étaient porteurs de spina bifida, tandis que les **8 autres** (50 %) n'en présentaient pas.

Tableau 34 Délais entre chirurgie et complications (en mois)

N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min.	Max.
16	3.33	2.11	4.90	0.03	18.4

Chez les **16 patients décédés**, le **délai moyen** entre la chirurgie et la survenue des complications était de **3,33 mois**, avec une **médiane de 2,11 mois**. L'**écart-type** était de **4,90 mois**, avec des extrêmes allant de **0,03 mois** à **18,4 mois**.

Tableau 35 :répartition des patients décédés en fonction du Coté DVP

	Effectif	Pourcentage
Droit	14	87.5
Gauche	2	12.5
Total	16	100.0%

Parmi les **16 patients décédés**, la dérivation ventriculo-péritonéale avait été implantée du **côté droit** dans **14 cas**, soit **87,5 %**, et du **côté gauche** dans **2 cas**, représentant **12,5 %** des cas.

Tableau 36 : répartition des patients décédés en fonction de la marque de la valve

Marque de la valve	Effectif	Pourcentage
MED	13	81.3
HP	2	12.5
SOPH	1	6.2
Total	16	100.0%

Parmi les **16 patients décédés**, **13** avaient reçu une valve de marque **MED**, représentant **81,3 %** des cas. Deux patients (12,5 %) étaient porteurs d'une valve de marque **HP**, tandis qu'un seul patient (6,2 %) avait une valve de marque **SOPH**.

Tableau 37 :répartition des patients décédés en fonction du type de complication

	Effectif (*)	Pourcentage
Infectieuse	9	56.25
Occlusion	3	18.75
Cp-mécanique	2	12.5
Mise à nue chambre	1	6.25
Ecoulement de LCR	1	6.25
Hyper drainage	1	6.25

(*) Seul ou associé

Parmi les **16 patients décédés**, **9 cas** ont présenté une complication **infectieuse**, représentant **56,25 %** des décès. Trois patients (18,75 %) ont présenté une **occlusion**, tandis que **2 patients (12,5 %)** ont présenté une **complication mécanique**. Les autres types de complications retrouvés sont : **mise à nue de la chambre sous-cutanée** (1 cas ; 6,25 %), **écoulement de LCR** (1 cas ; 6,25 %), et **hyperdrainage** (1 cas ; 6,25 %). Ces complications pouvaient être isolées ou associées.

Tableau 38 : Description des cas de décès

Num	sexe	Age (mois)	Affect/ Gros	Acc.César.	Acc.Préma.	HDC	MalfForm	spina	pied bot	ORIG Hydroc	Délais chir et décès	complications
1	M	4	Non	Oui	Non	Tetraventriculaire	Oui	Oui	Non	malformative	1.55	Oui
2	F	4	Non	Oui	Non	Tetraventriculaire	Oui	Oui	Non	malformative	4.67	Oui
3	F	3	Non	Oui	Non	Tetraventriculaire	Oui	Oui	Non	malformative	3.88	Oui
4	M	4	Non	Oui	Non	Tetraventriculaire	Oui	Oui	Oui	malformative	0.13	Oui
5	M	4	Non	Non	Non	Triventriculaire	Non	Non	Non	Infectieuse	0.16	Oui
6	M	6	Non	Non	Non	Triventriculaire	Oui	Oui	Non	malformative	0.03	Oui
7	M	9	Non	Non	Non	Triventriculaire	Non	Non	Non	malformative	0.01	Non
8	F	24	Oui	Non	Non	Triventriculaire	Non	Non	Non	tumoral	0.01	Non
9	M	2	Non	Oui	Non	Tetraventriculaire	Oui	Oui	Non	malformative	0.23	Oui
10	M	9	Oui	Non	Non	Tetraventriculaire	Non	Non	Non	malformative	4.05	Oui
11	F	72	Non	Non	Non	Triventriculaire	Non	Non	Non	tumoral	0.01	Non
12	M	2	Non	Non	Non	Tetraventriculaire	Oui	Oui	Oui	malformative	2.50	Oui
13	F	48	Non	Non	Non	Triventriculaire	Non	Non	Non	malformative	2.11	Oui
14	M	9	Oui	Non	Non	Tetraventriculaire	Non	Non	Non	Malformative	18.39	Oui
15	M	2	Non	Oui	Non	Triventriculaire	Oui	Oui	Non	malformative	0.39	Oui
16	M	3	Non	Non	Non	Tetraventriculaire	Non	Non	Non	Infectieuse	5.20	Oui

Parmi les **16 patients décédés**, **11 étaient de sexe masculin** (68,8 %) et **5 de sexe féminin** (31,2 %). L'**âge au moment du décès** variait de **2 à 72 mois**, avec une médiane de **4 mois**. Concernant le **contexte obstétrical**, **4 enfants (25,0 %) sont nés par césarienne**, tandis que **5 cas (31,2 %)** étaient issus d'une naissance prématurée. Aucun cas n'a été associé à une affection maternelle durant la grossesse.

Concernant le **type d'hydrocéphalie**, **9 patients (56,25 %)** présentaient une forme **tétraventriculaire** et **7 (43,75 %)** une forme **triventriculaire**. Douze patients (75 %) avaient une **étiologie malformative**, deux une origine **infectieuse** (12,5 %) et deux une origine **tumorale** (12,5 %). Huit patients (50 %) présentaient un **spina bifida**, et **7 d'entre eux** étaient également porteurs d'un **pied bot**.

Le **délai entre la chirurgie et le décès** variait de **0,01 à 18,39 mois**, avec une moyenne de **3,33 mois**. La majorité des patients (14/16) ont présenté une **complication identifiable avant le décès**, tandis que **2 patients** n'en ont pas présenté.

III-ANALYSE BIVARIEE

Analyse des facteurs prédictifs des complications :

Complications et Age, sexe

Tableau 39 :analyse bivariée des complication avec l'âge et complications avec le sexe

	Complication (Oui)		Complication (Non)		Valeur p		
	N	%	N	%			
Effectif	89	43.8	114	56.2			
Age (moy.±ET)	10.3 (21.3)		18.4 (31.6)		Test U.Mann-Whitney 4279	0.055	
Médiane	4		5				
Age (mois)							
[0-6[	49	55.1	59	51.8	0.005		
[6-12[	30	33.7	20	17.5			
[12-18[	2	2.2	11	9.6			
[18-24[	0	0.0	2	1.8			
≥24	8	9.0	22	19.3			
Age (Années)							
[0-1[	79	88.8	79	69.3	0.014		
[1-5[	6	6.7	22	19.3			
[5-9[	3	3.4	8	7.0			
[9-13[	0	0.0	4	3.5			
≥13	1	1.1	1	0.9			
Sexe (IC à 95%)				RR			
Masculin	48	47.1	54	52.9	1.16	0.3533	
Féminin	41	40.6	60	59.4	(0.85-1.59)		

Sur les **203 patients**, **89 (43,8 %)** ont présenté une complication et **114 (56,2 %)** n'en ont pas présenté. L'**âge moyen** des patients ayant présenté une complication était de **10,3 mois (±21,3)**, contre **18,4 mois (±31,6)** chez ceux sans complication. La différence n'était pas significative au seuil de 5 % (**p = 0,055**, test de Mann-Whitney), bien que la médiane soit légèrement plus basse chez les patients compliqués (**4 mois** contre **5 mois**).

La distribution des complications selon les **classes d'âge (en mois)** montre une fréquence plus élevée dans les tranches jeunes : **55,1 %** des complications sont survenues chez les enfants de **moins de 6 mois**, contre **33,7 %** dans la tranche [6–12[mois. Les tranches plus âgées sont moins concernées. L'analyse montre une **association statistiquement significative** entre la classe d'âge en mois et la survenue de complications (**p = 0,005**).

De même, lorsqu'on considère les **tranches d'âge en années**, **88,8 %** des patients ayant présenté une complication avaient **moins d'un an**, contre **69,3 %** dans le groupe sans complication, avec une différence significative (**p = 0,014**).

En ce qui concerne le **sexe**, **47,1 %** des garçons et **40,6 %** des filles ont présenté une complication. Le **risque relatif (RR)** était de **1,16**, avec un **intervalle de confiance à 95 % [0,85–1,59]**, indiquant **aucune association significative entre le sexe et la survenue de complications** (**p = 0,3533**).

Tableau 40 Complications et origine géographique (Wilayas)

	Complication (Oui) n=89		Complication (Non) n=114		RR (IC95%)	Valeur p
Annaba	20	40	30	60	0.89	0.5282
Hors wilaya Annaba	69	45.1	84	54.9	0.61-1.30	

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **20** étaient originaires de la wilaya de **Annaba** (22,5 %), tandis que **69** provenaient d'autres wilayas (77,5 %). En comparaison, parmi les **114 patients sans complication**, **30** étaient d'Annaba (26,3 %) et **84** hors Annaba (73,7 %). Le **risque relatif (RR)** de complication chez les patients résidant hors Annaba était de **0,89**, avec un **intervalle de confiance à 95 % [0,61–1,30]**, et la **valeur p** était de **0,5282**, indiquant **l'absence d'association statistiquement significative** entre l'origine géographique (Annaba vs hors Annaba) et la survenue de complications.

Tableau 41 Complications et Niveau socio-économique

	Complication (Oui) n=89		Complication (Non) n=114		RR (IC95%)	Valeur p
< au SMIC	34	54	29	46	/	0.1368
Proche au SMIC	48	40	72	60		
> au SMIC	7	35	13	65		

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **34 (38,2 %)** étaient issus de familles ayant un niveau de vie **inférieur au SMIC**, **48 (53,9 %)** d'un niveau **proche du SMIC**, et **7 (7,9 %)** d'un niveau **supérieur au SMIC**. Dans le groupe des **114 patients sans complication**, **29 (25,4 %)** étaient en dessous du SMIC, **72 (63,2 %)** proches du SMIC, et **13 (11,4 %)** au-dessus du SMIC.

Aucune valeur de **risque relatif (RR)** n'a été précisée, mais la **valeur p** de **0,1368** indique qu'il **n'existe pas d'association statistiquement significative** entre le niveau socio-économique et la survenue de complications post-DVP dans cette cohorte.

Tableau 42 Complications et niveau d'instruction mère et père

	Complication (Oui)		Complication (Non)		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Effectif	89	43.8	114	56.2		
Niveau d'instruction père						
Bas	50	54.9	41	45.1	/	0.0161
Moyen	37	34.9	69	65.1		
Haut	2	33.3	4	66.7		
Niveau d'instruction mère						
Bas	47	52.8	42	47.2	/	0.0678
Moyen	40	37.4	67	62.6		
Haut	2	28.6	5	71.4		

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **50 (54,9 %)** avaient un père avec un niveau d'instruction **bas**, **37 (34,9 %)** un niveau **moyen**, et **2 (2,2 %)** un niveau **élevé**. En comparaison, chez les **114 patients sans complication**, **41 (36,0 %)** des pères avaient un niveau **bas**, **69 (60,5 %)** un niveau **moyen**, et **4 (3,5 %)** un niveau **élevé**. La **valeur p** associée à cette variable est de **0,0161**, indiquant une **association statistiquement significative** entre le **niveau d'instruction du père** et la survenue de complications.

Concernant le **niveau d'instruction des mères**, **47 mères (52,8 %)** des patients compliqués avaient un niveau **bas**, contre **42 (36,8 %)** dans le groupe sans complication. **40 mères (44,9 %)** avaient un niveau **moyen** dans le groupe avec complication, contre **67 (58,8 %)** sans complication. Seules **2 mères (2,2 %)** dans le groupe avec complication et **5 (4,4 %)** dans le **groupe sans** avaient un niveau **élevé**. La **valeur p** pour cette variable est de **0,0678**, ce qui n'indique **pas de différence significative au seuil de 5 %**, mais une tendance qui pourrait être explorée.

43 Complications et ordre dans la fratrie

	Complication (Oui)		Complication (Non)		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
1	29	35.4	53	1		0.1723
2	25	52.1	23	2		
3	21	44.7	26	3		
4	12	52.2	11	4		
5	0	0	1	5		
6	2	100	0	6		
aînés	29	35.4	53	64.6	0.71	0.0451
2et+	60	49.6	61	50.4	0.50-1.00	

Sur les **89 patients ayant présenté une complication, 29 étaient des premiers-nés (35,4 %), 25 deuxièmes (28,1 %), 21 troisièmes (23,6 %), 12 quatrièmes (13,5 %), et 2 sixièmes (2,2 %)**. Aucun cas de complication n'a été observé chez les **cinquièmes** enfants, et aucun **sixième enfant** n'était présent dans le groupe sans complication. La **valeur p** pour l'analyse selon le rang précis est de **0,1723**, indiquant **l'absence d'association statistiquement significative** entre le rang individuel dans la fratrie et la survenue de complications.

Lors de l'analyse dichotomique, regroupant les patients en **aînés (rang 1)** et **rangs ultérieurs (≥ 2)**, les complications concernaient **35,4 % des aînés** contre **49,6 % des enfants de rang ultérieur**. Le **risque relatif (RR)** pour les aînés était de **0,71**, avec un **intervalle de confiance à 95 % [0,50–1,00]**. La **valeur p** associée à cette comparaison est de **0,0451**, indiquant une **différence statistiquement significative** entre les deux groupes.

Tableau 44 Complication et Affection pendant la grossesse et voie d'accouchements

	Complication (Oui)		Complication (Non)		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Effectif	89	43.8	114	56.2		
Affection pendant la grossesse (n=23)						
Oui	15	65.2	8	34.8	1.59	0.0282
Non	74	41.1	106	58.9	1.11-2.24	
Accouchement / césarienne (n=79)						
Oui	36	45.6	43	54.4	1.06	0.6922
Non	53	42.7	71	57.3	0.77-1.46	
Accouchement prématuré (n=17)						
Oui	7	43.8	9	56.3	1.00	0.9938
Non	82	43.9	105	56.1	0.56-1.78	

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **15 (65,2 %)** étaient issus d'une grossesse avec **affection maternelle**, par contre **8 (34,8 %)** n'ont pas présenté de complications en dépit de l'affection maternelle pendant la grossesse . Le **risque relatif (RR)** était de **1,59** avec un **intervalle de confiance à 95 % [1,11–2,24]**, et la **valeur p** de **0,0282**, indiquant une **association statistiquement significative** entre l'affection pendant la grossesse et la survenue de complications.

Concernant le **type d'accouchement**, **36 patients (45,6 %)** avec complication sont nés par **césarienne**, contre **43 (54,4 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,06 [0,77–1,46]**, avec une **valeur p** de **0,6922**, ne montrant **aucune association significative** entre l'accouchement par césarienne et la survenue de complications.

Pour les **accouchements prématurés**, **7 patients (43,8 %)** parmi ceux ayant eu une complication étaient prématurés, contre **9 (56,3 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,00 [0,56–1,78]**, avec une **valeur p** de **0,9938**, ne révélant **aucune différence significative** entre la prématurité et la survenue de complications post-DVP.

Tableau 45 Complication et Types d'hydrocéphalies

	Complication (Oui) n=89		Complication (Non)n=114		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Triventriculaire	52	40.0	78	60.0	0.79	0.1409
Tétraventriculaire	37	50.7	36	49.3	0.58-1.08	

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **52 cas (58,4 %)** présentaient une **hydrocéphalie triventriculaire**, contre **78 cas (68,4 %)** dans le groupe sans complication. En revanche, **37 patients (41,6 %)** dans le groupe avec complication avaient une **hydrocéphalie tétraventriculaire**, contre **36 patients (31,6 %)** dans le groupe sans complication. Le **risque relatif (RR)** associé à l'hydrocéphalie triventriculaire était de **0,79**, avec un **intervalle de confiance à 95 % [0,58–1,08]**, et une **valeur p de 0,1409**, indiquant l'**absence d'association statistiquement significative** entre le type d'hydrocéphalie et la survenue de complications post-DVP.

Tableau 46 :relation complication et Malformation

	Complication (Oui)		Complication (Non)		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Effectif	89	43.8	114	56.2		
Malformation n=90						
Oui	42	47.2	48	42.1	0.46	0.4692
Non	47	52.8	66	57.9	0.82-1.53	
Spinabifida n=77						
Oui	40	51.9	37	48.1	1.34	0.0688
Non	49	38.9	77	61.1	0.98-1.82	
Spinabifida et Déficit moteur n=63						
Oui	35	55.6	28	44.4	1.56	0.1789
Non	5	35.7	9	64.3	0.74-3.25	
Encéphalocèle n=12						
Oui	2	16.7	10	83.3	0.37	0.0708*
Non	87	45.5	104	54.5	0.10-1.31	
Pied bot n=13						
Oui	8	61.5	5	38.5	1.44	0.1838
Non	81	42.6	109	57.4	0.91-2.29	

*Test Exact de Fisher

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **42 (47,2 %)** présentaient une **malformation associée**, contre **48 (42,1 %)** parmi les 114 patients sans complication. Le **risque relatif (RR)** était de **0,46**, avec un **intervalle de confiance à 95 % [0,82–1,53]**, et une **valeur p de 0,4692**, indiquant **l'absence d'association statistiquement significative** entre la présence d'une malformation et la survenue de complications.

Concernant les patients porteurs de **spina bifida** (n = 77), **40 patients (51,9 %)** ont présenté une complication, contre **37 (48,1 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,34 [0,98–1,82]**, avec une **valeur p de 0,0688**, suggérant **une tendance non significative**.

Chez les patients atteints de **spina bifida avec déficit moteur** (n = 63), **35 (55,6 %)** ont présenté une complication, contre **28 (44,4 %)** sans. Le **RR** était de **1,56 [0,74–3,25]**, et la **valeur p de 0,1789**, ne montrant **pas de différence significative**.

Pour les patients avec **encéphalocèle** (n = 12), **2 (16,7 %)** ont présenté une complication, contre **10 (83,3 %)** sans. Le **RR** était de **0,37 [0,10–1,31]**, avec une **valeur p de 0,0708** (test exact de Fisher), indiquant **l'absence d'association significative**, bien que le nombre de cas soit faible.

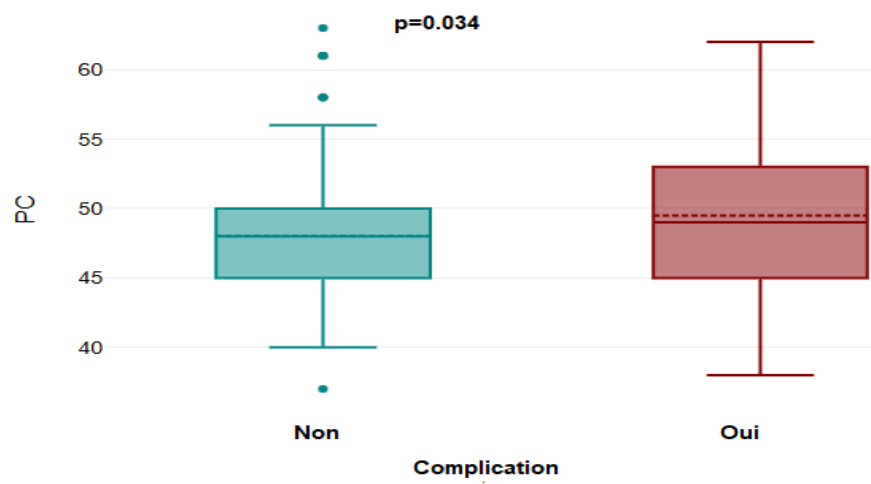
Enfin, chez les patients atteints de **pied bot** (n = 13), **8 (61,5 %)** ont eu une complication, contre **5 (38,5 %)** sans. Le **RR** était de **1,44 [0,91–2,29]**, avec une **valeur p de 0,1838**, ne montrant **pas d'association significative** entre la présence d'un pied bot et la survenue de complications.

Tableau 47 relation complication et périmètre crânien

Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p
Oui	89	49.5	49	5.51	0.034
Non	114	48	48	4.63	

Chez les **89 patients ayant présenté une complication**, le **périmètre crânien moyen** était de **49,5 cm**, avec une **médiane de 49 cm** et un **écart-type de 5,51 cm**. Dans le groupe **sans complication** (n = 114), la **moyenne** était de **48 cm**, avec une **médiane également de 48 cm** et un **écart-type de 4,63 cm**. La **valeur p** associée à cette comparaison est de **0,034**, indiquant une **différence statistiquement significative** entre les deux groupes en ce qui concerne le périmètre crânien.

Le **profil des périmètres crâniens diffère significativement entre les 2 groupes** (p=0.034).



graphe 22 Box plot présentant les complications en fonction du périmètre crânien

Tableau 48 :relation Complication et signes d'hydrocéphalie

	Complication (Oui)		Complication (Non)		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Effectif	89	43.8	114	56.2		
Macrocranie						
Oui	71	46.4	82	53.6	1.29	0.1980
Non	18	36.0	32	64.0	0.86-1.94	
Bombement fontanelle						
Oui	54	48.6	57	51.4	1.28	0.1295
Non	35	38.0	57	62.0	0.91-1.73	
Disjonction						
Oui	34	63	20	37	1.70	0.0009
Non	55	36.9	94	63.1	1.27-2.28	
CVC						
Oui	34	38.2	20	17.5	1.71	0.0009
Non	55	61.8	94	82.5	1.27-2.29	
Peau fine						
Oui	32	61.5	20	38.5	1.63	0.0029
Non	57	37.7	94	62.3	1.21-2.19	
Regard en coucher de soleil						
Oui	32	61.5	20	38.5	1.63	0.0029
Non	57	37.7	94	62.3	1.21-2.19	
Vomissement						
Oui	51	44.7	65	56.0	1.01	0.9674
Non	38	42.7	49	56.3	0.73-1.38	
Déficit moteur						
Oui	38	54.3	32	45.7	1.42	0.0296
Non	51	38.3	82	61.7	1.04-1.92	

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication, 71 (79,8 %)** présentaient une **macrocrânie**, contre **82 (71,9 %)** parmi les 114 patients sans complication. Le **risque relatif (RR)** était de **1,29** [0,86–1,94], avec une **valeur p de 0,1980**, indiquant **l'absence de différence significative**.

Concernant le **bombement de la fontanelle**, il était présent chez **54 patients avec complication (60,7 %)** et chez **57 sans complication (50,0 %)**. Le **RR** était de **1,28 [0,91–1,73]** ; **p = 0,1295**, également non significatif.

La **disjonction des sutures** était plus fréquemment observée chez les patients ayant eu une complication (**34 cas ; 38,2 %**) comparé au groupe sans complication (**20 cas ; 17,5 %**). Le **RR** était de **1,70 [1,27–2,28]**, avec une **valeur p = 0,0009**, indiquant une **association statistiquement significative**.

La **circulation veineuse collatérale (CVC)** était présente dans **34 cas (38,2 %)** chez les patients avec complication, contre **20 cas (17,5 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,71 [1,27–2,29]**, avec une **valeur p = 0,0009**, significative.

La présence de **peau fine** était notée chez **32 patients (36,0 %)** dans le groupe avec complication et chez **20 patients (17,5 %)** sans complication, avec un **RR de 1,63 [1,21–2,19]** ; **p = 0,0029**, indiquant une **association significative**.

Le **regard en coucher de soleil** était également noté chez **32 patients (36,0 %)** avec complication et chez **20 (17,5 %)** sans. Le **RR** était de **1,63 [1,21–2,19]**, avec une **valeur p = 0,0029**, statistiquement significative.

Concernant les **vomissements**, **51 patients (57,3 %)** du groupe avec complication et **65 (57,0 %)** du groupe sans en présentaient. Le **RR** était de **1,01 [0,73–1,38]**, avec une **valeur p = 0,9674**, indiquant **aucune différence**.

Enfin, le **déficit moteur** était présent chez **38 patients (42,7 %)** dans le groupe avec complication, contre **32 (28,1 %)** dans le groupe sans. Le **RR** était de **1,42 [1,04–1,92]**, avec une **valeur p = 0,0296**, montrant une **différence statistiquement significative**.

Tableau 49 relation complication et type d'imagerie (Echographie, TDM, IRM).

	Complication (Oui)		Complication (Non)		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Effectif	89	43.8	114	56.2		
Echographie						
Oui	5	35.7	9	64.3	0.80	0.5253
Non	84	44.4	105	55.6	0.39-1.65	
TDM						
Oui	85	46.2	99	53.8	2.19	0.0355
Non	4	21.1	15	78.9	0.91-5.31	
IRM						
Oui	43	41.3	61	58.7	0.89	0.4626
Non	46	46.5	53	53.5	0.65-1.22	

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication, 5 (5,6 %)** avaient bénéficié d'une échographie transfontanellaire, contre **9 (7,9 %)** parmi les **114 patients sans complication**. Le **risque relatif (RR)** était de **0,80** [0,39–1,65], avec une **valeur p = 0,5253**, indiquant **l'absence d'association significative** entre l'utilisation de l'échographie et la survenue de complications.

Concernant la **tomodensitométrie (TDM)**, **85 patients (95,5 %)** du groupe avec complication en ont bénéficié, contre **99 (86,8 %)** dans le groupe sans complication. Le **RR** était de **2,19** [0,91–5,31], avec une **valeur p = 0,0355**, indiquant une **différence statistiquement significative**.

Pour l'**IRM**, elle a été réalisée chez **43 patients (48,3 %)** avec complication et chez **61 (53,5 %)** sans. Le **RR** était de **0,89** [0,65–1,22], avec une **valeur p = 0,4626**, ne montrant **aucune association significative** entre la réalisation d'une IRM et la survenue de complications.

Tableau 50 :relation Complication et Année de mise en place de la DVP

	Complication (Oui)n=89		Complication (Non)n=114		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
2019	24	54.5	20	45.5		0.4238
2020	18	40	27	60		
2021	12	32.4	25	67.6		
2022	20	45.5	24	54.5		
2023	11	37.9	18	62		
2024	2	50	2	50		

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, la répartition par année d'implantation de la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) est la suivante :

24 cas (54,5 %) en 2019,
18 cas (40,0 %) en 2020,
12 cas (32,4 %) en 2021,
20 cas (45,5 %) en 2022,
11 cas (37,9 %) en 2023,
2 cas (50,0 %) en 2024.

Dans le groupe des **114 patients sans complication**, les répartitions par année étaient les suivantes :

20 cas (45,5 %) en 2019,
27 cas (60,0 %) en 2020,
25 cas (67,6 %) en 2021,
24 cas (54,5 %) en 2022,
18 cas (62%) en 2023,
2 cas (50,0 %) en 2024.

La **valeur p** associée à cette répartition annuelle est de **0,4238**, indiquant l'**absence de différence statistiquement significative** entre les années d'implantation et la survenue de complications.

Tableau 51 relation complication et saison de mise en place de la DVP

	Complication (Oui) n=89		Complication (Non)n=114		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Hiver	25	41	36	59		0.4914
Printemps	15	35.7	27	64.3		
Eté	19	48.7	20	51.3		
Automne	30	49.2	31	50.8		

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **25 interventions (28,1 %)** ont été réalisées en **hiver**, **15 (16,9 %) au printemps**, **19 (21,3 %) en été**, et **30 (33,7 %) en automne**. Dans le groupe sans complication (n = 114), les distributions saisonnières étaient les suivantes : **36 cas (31,6 %) en hiver**, **27 (23,7 %) au printemps**, **20 (17,5 %) en été**, et **31 (27,2 %) en automne**.

La **valeur p** associée à cette répartition est de **0,4914**, indiquant l'**absence d'association statistiquement significative** entre la saison de mise en place de la dérivation ventriculo-péritonéale et la survenue de complications.

Tableau 52 relation complication et marque de la valve

	Complication (Oui) 89	Complication (Non) 114	RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%
MED	69	43.9	88	56.1
HP	17	47.2	19	52.8
DESU	1	12.5	7	87.5
SOPH	2	100	0	0

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **69 (77,5 %)** avaient reçu une valve de marque **MED**, **17 (19,1 %)** une valve **HP**, **1 (1,1 %)** une valve **DESU**, et **2 (2,2 %)** une valve **SOPH**.

Dans le groupe sans complication (n = 114), **88 patients (77,2 %)** étaient porteurs d'une valve **MED**, **19 (16,7 %)** d'une valve **HP**, **7 (6,1 %)** d'une valve **DESU**, et **aucun** d'une valve **SOPH**.

La **valeur p** est de **0,1155**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative** entre la marque de la valve implantée et la survenue de complications post-DVP.

Corrélation types de complications et autres facteurs

Tableau 53 Corrélation type de complication et Age moyen et classes d'âge (en mois)

Statistiques descriptives de la variable âge					
Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Mécanique					
Non	45	8.44	5	12.5	0.820
Oui	44	12.4	4	27.7	
Infectieuse					
Non	46	14.3	5.5	28	0.055
Oui	43	6.28	4	9.33	
Mise à nue chambre					
Non	78	10.6	4	22.3	0.841
Oui	11	8.73	5	13.3	
Occlusion					
Non	81	9.79	5	20.2	0.660
Oui	8	16.6	4	32.2	
Ecoulement de LCR					
Non	84	10.7	4	22	0.993
Oui	5	5.6	7	3.85	
Hyper drainage					
Non	86	10	4	21.4	0.062
Oui	3	21.3	10	23.2	
Mise à nue cathéter abdominal.					
Non	88	10.5	4.5	21.5	0.203
Oui	1	2	2	NaN	
Déconnection					
Non	88	10.5	4.5	21.5	0.203
Oui	1	2	2	NaN	

*test U de Mann Whitney

L'analyse du **lien entre type de complication et âge des patients** montre les résultats suivants :

Pour les **complications mécaniques**, l'âge moyen était de **12,4 mois** chez les patients concernés (n = 44) contre **8,44 mois** chez ceux non concernés (n = 45). La **valeur p** est de **0,820**, indiquant **aucune différence significative**.

En cas de **complication infectieuse**, l'âge moyen était de **6,28 mois** (n = 43) contre **14,3 mois** chez les patients sans infection (n = 46). La **valeur p** est de **0,055**, proche du seuil de signification.

Pour les cas de **mise à nue de la chambre sous-cutanée**, l'âge moyen était de **8,73 mois** (n = 11), contre **10,6 mois** pour les autres (n = 78), avec une **valeur p** de **0,841**.

En cas d'**occlusion**, l'âge moyen était de **16,6 mois** (n = 8), contre **9,79 mois** chez ceux sans occlusion (n = 81). La **valeur p** est de **0,660**.

Pour les **écoulements de LCR**, l'âge moyen était de **5,6 mois** (n = 5) contre **10,7 mois** pour les autres (n = 84), avec une **valeur p** = **0,993**.

Chez les patients avec **hyperdrainage** (n = 3), l'âge moyen était de **21,3 mois**, contre **10,0 mois** chez ceux sans (n = 86). La **valeur p** est de **0,062**.

Dans les cas de **mise à nue du cathéter abdominal** (n = 1) et de **déconnexion** (n = 1), l'âge enregistré était de **2 mois**, sans possibilité de calcul d'écart-type ; la **valeur p** est de **0,203** dans les deux cas.

Tableau 54 :relation fièvre avec complications

Statistiques descriptives de la variables âge (mois)

Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Fièvres					
Non	51	13.5	6.00	26.6	0.017
Oui	37	6.24	3.00	10.0	

Test U de Mann Whitney

Parmi les patients ayant présenté des complications, ceux présentant une **fièvre associée** (n = 37) avaient un **âge moyen de 6,24 mois**, avec une **médiane de 3 mois** et un **écart-type de 10,0 mois**. En comparaison, les patients sans fièvre (n = 51) avaient un **âge moyen de 13,5 mois**, une **médiane de 6 mois**, et un **écart-type de 26,6 mois**. La **valeur p** obtenue par le **test de Mann-Whitney** est de **0,017**, indiquant une **différence statistiquement significative** entre les deux groupes en termes d'âge.

Tableau 55 corrélation type de complication et sexe

	Masculin		Féminin		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Mécanique						
Oui	25	52.1	19	46.3	1.11	0.5292
Non	23	47.9	22	53.7	0.76-1.63	
Infectieuse						
Oui	26	54.2	17	41.5	1.26	0.2319
Non	22	45.8	24	58.5	0.86-1.86	
Mise à nue chambre						
Oui	4	36.4	7	63.6	0.61	0.2118
Non	44	56.4	34	43.6	0.29-1.44	
Occlusion						
Oui	4	50.0	4	50.0	0.92	1.000*
Non	44	54.3	37	45.7	0.45-1.89	
Ecoulement de LCR						
Oui	5	100.0	0	0.0	1.95	0.0593*
Non	43	51.2	41	48.8	1.59-2.41	
Hyper drainage						
Oui	1	33.3	2	66.7	0.61	0.5928*
Non	47	54.7	39	45.3	0.12-3.06	
Mise à nue cathéter abdominal.						
Oui	0	0.0	1	100.0	0.0	0.4607*
Non	48	54.5	40	45.5	Inf-inf	
Déconnection						
Oui	1	100.0	0	0.0	1.87	1.000*
Non	47	53.4	41	46.6	0.54-2.28	

*Test exact de Fisher

Concernant les **complications mécaniques**, elles ont été observées chez **25 patients de sexe masculin (52,1 %)** et **19 patients de sexe féminin (46,3 %)**. Le **risque relatif (RR)** était de **1,11 [0,76–1,63]**, avec une **valeur p = 0,5292**, indiquant **aucune différence significative**.

Pour les **complications infectieuses**, **26 cas (54,2 %)** concernaient des garçons et **17 cas (41,5 %)** des filles. Le **RR** était de **1,26 [0,86–1,86]**, avec une **valeur p = 0,2319**, également non significative.

La **mise à nue de la chambre** a été observée chez **4 garçons (36,4 %)** et **7 filles (63,6 %)**, avec un **RR de 0,61 [0,29–1,44]**, **p = 0,2118**.

Pour les cas d'**occlusion**, la répartition était équivalente entre les sexes (**4 cas chez les garçons et 4 chez les filles**), avec un **RR = 0,92**, **p = 1,000** (test exact de Fisher).

Les **écoulements de LCR** ont été observés uniquement chez des **patients de sexe masculin (5 cas ; 100 %)**, contre **aucun cas chez les filles**. Le **RR** est estimé à **1,95 [1,59–2,41]**, avec une **valeur p = 0,0593** (test exact de Fisher), proche du seuil de signification.

L'**hyperdrainage** a été observé chez **1 garçon et 2 filles**, **RR = 0,61 [0,12–3,06]**, **p = 0,5928**.

La **mise à nue du cathéter abdominal** a été rapportée chez **1 fille uniquement**, aucun cas chez les garçons. Le **RR est 0,0**, **p = 0,4607** (test exact de Fisher).

Enfin, la **déconnexion** a été notée chez **1 garçon**, avec **aucun cas chez les filles**, **RR = 1,87**, **p = 1,000**.

Aucune des comparaisons entre les types de complications et le sexe n'a montré de **différence statistiquement significative**.

Tableau 56 : corrélation type de complication et origine géographique

	W.Annaba		Autres Wil.		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Mécanique						
Oui	1.0	13	29.5	31	1.90	0.1139
Non	0.0	7	15.6	38	0.84-4.31	
Infectieuse						
Oui	6	14.0	37	86.0	0.46	0.0627
Non	14	30.4	32	69.6	0.19-1.08	
Mise à nue chambre						
Oui	1	9.1	10	90.9	0.37	0.4441*
Non	19	24.4	59	75.6	0.06-2.52	
Occlusion						
Oui	3	37.5	5	62.5	1.79	0.3720*
Non	17	21.0	64	79.0	0.66-4.81	
Ecoulement de LCR						
Oui	1	20.0	4	80.0	0.88	1.000*
Non	19	22.6	65	77.4	0.15-5.33)	
Hyper drainage						
Oui	0	0.0	3	100.0	0.0	1.000*
Non	20	23.3	66	76.7	Inf-inf	
Mise à nue cathéter abdominal.						
Oui	0	0.0	1	100.0	0.0	1.000*
Non	20	22.7	68	77.3	Inf-inf	
Déconnection						
Oui	0	0.0	1	100.0	0.0	1.000*
Non	20	22.7	68	77.3	Inf-inf	

*Test exact de Fisher

Concernant les **complications mécaniques**, **13 patients (29,5 %)** résidaient hors de la wilaya de **Annaba**, contre **1 seul cas** dans la wilaya d'Annaba. Le **risque relatif (RR)** était de **1,90**

[0,84–4,31], avec une **valeur p = 0,1139**, indiquant l'**absence de différence statistiquement significative**.

Pour les **complications infectieuses**, **37 cas (86,0 %)** étaient enregistrés chez des patients originaires d'**autres wilayas**, contre **6 cas (14,0 %)** dans la wilaya d'Annaba. Le **RR** était de **0,46** [0,19–1,08], avec une **valeur p = 0,0627**, indiquant une **tendance non significative**.

La **mise à nue de la chambre** concernait **10 patients (90,9 %)** venant d'autres wilayas, contre **1 seul cas (9,1 %) à Annaba**, avec un **RR = 0,37** [0,06–2,52], **p = 0,4441** (test exact de Fisher).

Les cas d'**occlusion** concernaient **5 patients (62,5 %)** hors Annaba et **3 (37,5 %) à Annaba**, **RR = 1,79** [0,66–4,81], **p = 0,3720** (test exact de Fisher).

Les **écoulements de LCR** concernaient **4 patients (80,0 %)** hors Annaba, contre **1 cas (20,0 %) à Annaba**, **RR = 0,88** [0,15–5,33], **p = 1,000**.

Les cas d'**hyperdrainage**, de **mise à nue du cathéter abdominal**, et de **déconnexion** ont été observés exclusivement chez des patients **hors wilaya d'Annaba**. Le **RR** est indéterminé (0,0), et les **valeurs p** associées à ces cas sont toutes égales à **1,000** (test exact de Fisher), indiquant **aucune différence statistiquement significative**.

Aucune des comparaisons entre les types de complications et l'origine géographique n'a atteint le seuil de significativité statistique.

Tableau 57 corrélation autres types de complication et origine géographique

	W.Annaba		Autres Wil.		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Fièvre						
Oui	5	13.5	32	86.5	0.47	0.0876
Non	15	28.8	37	71.2	0.19-1.18	
Tx de Globule blanc élevé						
Oui	5	14.3	30	85.7	0.51	0.1363
Non	15	27.8	39	72.2	0.21-1.29	
Tx Taux d'hémoglobine bas bas						
Oui	2	14.3	12	85.7	0.60	0.7276
Non	18	24	57	76	0.16-2.28	

Parmi les patients ayant présenté une **fièvre**, **5 cas (13,5 %)** étaient originaires de la **wilaya d'Annaba** et **32 cas (86,5 %)** provenaient d'**autres wilayas**. Le **risque relatif (RR)** était de **0,47** [0,19–1,18], avec une **valeur p = 0,0876**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative**, bien qu'une tendance soit observée.

Pour les patients présentant un **taux élevé de globules blancs**, **5 (14,3 %)** étaient d'Annaba, contre **30 (85,7 %)** d'**autres wilayas**. Le **RR** était de **0,51** [0,21–1,29], avec une **valeur p = 0,1363**, également **non significative**.

En ce qui concerne un **taux bas d'hémoglobine**, **2 patients (14,3 %)** venaient de la wilaya d'Annaba et **12 (85,7 %)** d'**autres wilayas**. Le **RR** était de **0,60** [0,16–2,28], avec une **valeur p = 0,7276**, indiquant **aucune différence significative**.

Ainsi, aucune des corrélations entre les **paramètres cliniques ou biologiques** étudiés et l'**origine géographique** ne présente de différence statistiquement significative dans cette série.

Tableau 58 corrélation type de complication et niveau d’instruction de la mère

	Bas		Moye		Élevé		Valeur p
	N	%	N	%	N	%	
Mécanique							
Oui	18	40.9	25	56.8	1	2.3	0.0795
Non	29	64.4	15	33.3	1	2.2	
Infectieuse							
Oui	27	62.8	15	34.9	1	2.3	0.1786
Non	20	43.5	25	54.3	1	2.2	
Mise à nue chambre							
Oui	7	63.6	4	36.4	0	0.0	0.6817
Non	40	51.3	36	46.2	2	2.6	
Occlusion							
Oui	6	75.0	2	25.0	0	0.0	0.4076
Non	41	50.6	38	46.9	2	2.5	
Ecoulement de LCR							
Oui	5	100.0	0	0.0	0	0.0	0.0938
Non	42	50.0	40	47.6	2	2.4	
Hyper drainage							
Oui	2	66.7	1	33.3	0	0.0	0.8712
Non	45	52.3	39	45.3	2	2.3	
Mise à nue cathéter abdominal.							
Oui	1	100.0	0	0.0	0	0.0	0.6364
Non	46	52.3	40	45.5	2	2.3	
Déconnection							
Oui	0	0.0	1	100.0	0	0.0	0.5382
Non	47	53.4	39	44.3	2	2.3	

Concernant les **complications mécaniques**, **18 mères (40,9 %)** avaient un niveau d’instruction **bas**, **25 (56,8 %)** un niveau **moyen**, et **1 (2,3 %)** un **niveau élevé**. Dans le groupe sans complication mécanique, **29 mères (64,4 %)** avaient un niveau **bas**, **15 (33,3 %)**

moyen, et **1 (2,2 %)** élevé. La **valeur p** est de **0,0795**, ne montrant **pas de différence significative**.

Pour les **complications infectieuses**, **27 mères (62,8 %)** avaient un niveau **bas**, **15 (34,9 %)** **moyen**, et **1 (2,3 %)** élevé, contre **20 (43,5 %)** **bas**, **25 (54,3 %)** **moyen**, et **1 (2,2 %)** élevé dans le groupe sans infection. La **valeur p** est de **0,1786**, indiquant **l'absence de différence significative**.

En cas de **mise à nue de la chambre**, **7 mères (63,6 %)** avaient un niveau **bas**, **4 (36,4 %)** **moyen**, aucune avec un niveau élevé. Pour les autres cas, **40 mères (51,3 %)** avaient un niveau **bas**, **36 (46,2 %)** **moyen**, et **2 (2,6 %)** élevé. La **valeur p** est de **0,6817**.

Pour les **occlusions**, **6 mères (75,0 %)** avaient un niveau **bas** et **2 (25,0 %)** **moyen**. Aucun cas avec niveau élevé. La **valeur p** est de **0,4076**.

Les **écoulements de LCR** sont survenus uniquement chez des enfants de **mères ayant un niveau bas (100 %)**, contre **42 (50,0 %)** **bas**, **40 (47,6 %)** **moyen** et **2 (2,4 %)** élevé dans le reste du groupe. La **valeur p** est de **0,0938**.

Pour les autres types de complications (**hyperdrainage**, **mise à nue du cathéter abdominal**, **déconnexion**), aucune différence significative n'a été retrouvée. Les **valeurs p** sont respectivement de **0,8712**, **0,6364** et **0,5382**.

Aucune des comparaisons entre les types de complications et le **niveau d'instruction maternel** n'a montré de **différence statistiquement significative**.

Tableau 59 corrélation type de complication et niveau d’instruction du père

	Bas		Moyen		Élevé		Valeur p
	N	%	N	%	N	%	
Mécanique							
Oui	23	52.3	20	45.5	1	2.3	0.7588
Non	27	60	17	37.8	1	2.2	
Infectieuse							
Oui	27	62.8	15	34.9	1	2.3	0.4619
Non	23	50	22	47.8	1	2.2	
Mise à nue chambre							
Oui	7	63.6	4	36.4	0	0	0.7834
Non	43	55.1	33	42.3	2	2.6	
Occlusion							
Oui	6	75	2	25	0	0	0.5136
Non	44	54.3	35	43.2	2	2.5	
Ecoulement de LCR							
Oui	5	100	0	0	0	0	0.1267
Non	45	53.6	37	44	2	2.4	
Hyper drainage							
Oui	2	66.7	1	33.3	0	0	0.9134
Non	48	55.8	36	41.9	2	2.3	
Mise à nue cathéter abdominal.							
Oui	0	0	1	100	0	0	0.4913
Non	50	56.8	36	40.9	2	2.3	
Déconnection							
Oui	0	0	0	0	1	100	0.000
Non	50	56.8	37	42	1	1.1	

Pour les **complications mécaniques**, **23 pères (52,3 %)** avaient un niveau d’instruction **bas**, **20 (45,5 %) moyen**, et **1 (2,3 %) élevé**. Dans le groupe sans complication mécanique, **27 (60,0 %)** avaient un niveau **bas**, **17 (37,8 %) moyen**, et **1 (2,2 %) élevé**. La **valeur p** est de **0,7588**, indiquant **l’absence de différence significative**.

Concernant les **complications infectieuses**, elles étaient associées à un niveau d'instruction **bas** chez **27 pères (62,8 %)**, **15 (34,9 %) moyen**, et **1 (2,3 %) élevé**, contre **23 (50,0 %) bas**, **22 (47,8 %) moyen**, et **1 (2,2 %) élevé** chez les patients sans infection. La **valeur p** est de **0,4619**.

Pour les cas de **mise à nue de la chambre**, **7 pères (63,6 %) avaient un niveau bas** et **4 (36,4 %) moyen**, aucun avec niveau élevé. La **valeur p** est de **0,7834**.

En cas d'**occlusion**, **6 pères (75,0 %) avaient un niveau bas**, **2 (25,0 %) moyen**, aucun niveau élevé. La **valeur p** est de **0,5136**.

Les **écoulements de LCR** ont été observés uniquement chez des enfants dont les pères avaient un **niveau bas (100 %)**, contre **53,6 %** dans le reste du groupe. La **valeur p** est de **0,1267**.

Les cas d'**hyperdrainage**, de **mise à nue du cathéter abdominal**, et de **déconnexion** n'ont montré **aucune différence significative** :

Hyperdrainage : **p = 0,9134**

Mise à nue cathéter abdominal : **p = 0,4913**

Déconnexion : seul cas avec un père ayant un **niveau élevé** ; **p = 0,000**, sans interprétation possible compte tenu de l'unicité du cas.

Ainsi, aucune des comparaisons entre **type de complication** et **niveau d'instruction paternel** n'a montré de **relation statistiquement significative**.

Tableau 60 corrélation type de complication et la marque de la valve

	MED	%	HP	%	DESU	%	SOPH	%	Valeur p
Mécanique									
Oui	28	63.6	14	31.8	1	2.3	1	2.3	0.0144
Non	41	91.1	3	6.7	0	0	1	2.2	
Infectieuse									
Oui	38	88.4	5	11.6	0	0	0	0	0.0897
Non	31	67.4	12	26.1	1	2.2	2	4.3	
Mise à nue chambre									
Oui	10	90.9	1	9.1	0	0	0	0	0.7123
Non	59	75.6	16	20.5	1	1.3	2	2.6	
OCCLUSION									
Oui	6	75	1	12.5	0	0	1	12.5	0.2197
Non	63	77.8	16	19.8	1	1.2	1	1.2	
Ecoulement de LCR									
Oui	4	80	1	20	0	0	0	0	0.9800
Non	65	77.4	16	19	1	1.2	2	2.4	
Hyper drainage									
Oui	2	66.7	0	0	0	0	1	33.3	0.0029
Non	67	77.9	17	19.8	1	1.2	1	1.2	
Mise à nue cathéter abdominal.									
Oui	1	100	0	0	0	0	0	0	0.9613
Non	68	77.3	17	19.3	1	1.1	2	2.3	
Déconnection									
Oui	1	100	0	0	0	0	0	0	0.9613
Non	68	77.3	17	19.3	1	1.1	2	2.3	

Concernant les **complications mécaniques**, elles ont été observées chez **28 patients (63,6 %)** porteurs d'une valve **MED**, **14 (31,8 %)** avec une valve **HP**, **1 (2,3 %)** **DESU**, et **1 (2,3 %)** **SOPH**. Dans le groupe sans complication mécanique, **41 patients (91,1 %)** avaient une valve **MED**, **3 (6,7 %)** **HP**, **aucun DESU**, et **1 (2,2 %)** **SOPH**. La **valeur p** est de **0,0144**, indiquant une **différence statistiquement significative** entre la marque de la valve et la survenue de complications mécaniques.

Pour les **complications infectieuses**, **38 patients (88,4 %)** avaient une valve **MED**, et **5 (11,6 %)** **HP**. Aucun cas n'était associé aux marques **DESU** ou **SOPH**. Dans le groupe sans infection, **31 (67,4 %)** avaient une valve **MED**, **12 (26,1 %)** **HP**, **1 (2,2 %)** **DESU**, et **2 (4,3 %)** **SOPH**. La valeur **p** est de **0,0897**, ce qui ne montre **pas de différence significative**, bien qu'une tendance soit observée.

Pour les autres types de complications :

Mise à nue de la chambre : 90,9 % **MED**, 9,1 % **HP** ; **p = 0,7123**

Occlusion : 75 % **MED**, 12,5 % **HP**, 12,5 % **SOPH** ; **p = 0,2197**

Écoulement de LCR : 80 % **MED**, 20 % **HP** ; **p = 0,9800**

Hyperdrainage : 66,7 % **MED**, 33,3 % **SOPH** ; **p = 0,0029**, indiquant une **différence significative**

Mise à nue du cathéter abdominal et déconnexion : dans les deux cas, 100 % des complications ont concerné des valves **MED** ; **p = 0,9613** dans chaque cas, **non significatif**

En résumé, une **association statistiquement significative** a été observée entre la **marque de la valve** et la survenue de **complications mécaniques (p = 0,0144)** ainsi que d'**hyperdrainage (p = 0,0029)**. Aucune différence significative n'a été retrouvée pour les autres types de complications.

Tableau 61 corrélation autres types de complications et la marque de la valve

	MED	%	HP	%	DESU	%	SOPH	%	Valeur p
Fièvre									
Oui	28	63.6	14	31.8	1	2.3	1	2.3	0.0144
Non	41	91.1	3	6.7	0	0	1	2.2	
Infectieuse									
Oui	38	88.4	5	11.6	0	0	0	0	0.0897
Non	31	67.4	12	26.1	1	2.2	2	4.3	
Mise à nue chambre									
Oui	10	90.9	1	9.1	0	0	0	0	0.7123
Non	59	75.6	16	20.5	1	1.3	2	2.6	

Pour les patients ayant présenté une **fièvre**, **28 (63,6 %)** étaient porteurs d'une valve **MED**, **14 (31,8 %) HP**, **1 (2,3 %) DESU**, et **1 (2,3 %) SOPH**. Dans le groupe sans fièvre, **41 patients (91,1 %) avaient une valve MED**, **3 (6,7 %) HP**, aucun DESU, et **1 SOPH (2,2 %)**. La **valeur p** est de **0,0144**, indiquant une **différence statistiquement significative** entre la marque de la valve et la survenue de fièvre.

Concernant les **complications infectieuses**, **38 patients (88,4 %)** portaient une valve **MED** et **5 (11,6 %) HP**. Aucun cas n'était associé aux marques **DESU** ou **SOPH**. Dans le groupe sans infection, **31 patients (67,4 %)** avaient une valve **MED**, **12 (26,1 %) HP**, **1 (2,2 %) DESU**, et **2 (4,3 %) SOPH**. La **valeur p** est de **0,0897**, indiquant l'**absence de différence significative**, bien qu'une **tendance soit observée**.

En ce qui concerne la **mise à nue de la chambre**, elle a été observée chez **10 patients (90,9 %) MED** et **1 patient (9,1 %) HP**. Aucun cas n'était associé aux valves **DESU** ou **SOPH**. Dans le groupe sans cette complication, la répartition était de **75,6 % MED**, **20,5 % HP**, **1,3 % DESU**, et **2,6 % SOPH**, avec une **valeur p = 0,7123**, ne montrant **aucune différence significative**.

En résumé, seule la complication de **fièvre** montre une **association statistiquement significative avec la marque de la valve (p = 0,0144)**, tandis que les autres types de complications analysées ne présentent **pas de différence significative** selon la marque.

Tableau 62 corrélation type de complication et type d'hydrocéphalie

	Triventriculaire		Tetравentriculaire		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Mécanique						
Oui	29	65.9	15	34.1	1.28	0.1567
Non	23	51.1	22	48.9	0.90-1.84	
Infectieuse						
Oui	22	51.2	21	48.8	0.78	0.1788
Non	30	65.2	16	34.8	0.55-1.12	
Mise à nue chambre						
Oui	8	72.7	3	27.3	1.29	0.3496*
Non	44	56.4	34	43.6	0.85-1.94	
Occlusion						
Oui	1.0	4	50.0	4	0.84	0.7141*
Non	0.0	48	59.3	33	0.41-1.73	
Ecoulement de LCR						
Oui	2	40.0	3	60.0	0.67	0.6454*
Non	50	59.5	34	40.5	0.23-1.99	
Hyper drainage						
Oui	1	33.3	2	66.7	0.56	0.5680*
Non	51	59.3	35	40.7	0.11-2.81	
Mise à nue cathéter abdominal.						
Oui	1	100.0	0	0.0	1.73	1.000*
Non	51	58.0	37	42.0	1.44-2.06	
Déconnection						
Oui	1	100.0	0	0.0	1.73	1.000*
Non	51	58.0	37	42.0	1.44-2.06	

*Test Exact de Fisher

Pour les **complications mécaniques**, **29 patients (65,9 %)** présentaient une **hydrocéphalie triventriculaire** et **15 (34,1 %)** **tétraventriculaire**. Dans le groupe sans complication mécanique, **23 (51,1 %)** avaient une hydrocéphalie triventriculaire et **22 (48,9 %)**

tétraventriculaire. Le risque relatif (RR) était de 1,28 [0,90–1,84], avec une valeur p = 0,1567, indiquant aucune différence statistiquement significative.

Pour les **complications infectieuses**, **22 cas (51,2 %)** étaient triventriculaires et **21 (48,8 %)** **tétraventriculaires**, contre **30 (65,2 %)** triventriculaires et **16 (34,8 %)** **tétraventriculaires** dans le groupe sans infection. Le **RR était de 0,78 [0,55–1,12]**, avec **p = 0,1788, non significatif.**

Pour les autres types de complications :

Mise à nue de la chambre : 72,7 % triventriculaire, **27,3 %** tétraventriculaire ; **p = 0,3496**

Occlusion : 50,0 % triventriculaire, **50,0 %** tétraventriculaire ; **p = 0,7141**

Écoulement de LCR : 40,0 % triventriculaire, **60,0 %** tétraventriculaire ; **p = 0,6454**

Hyperdrainage : 33,3 % triventriculaire, **66,7 %** tétraventriculaire ; **p = 0,5680**

Mise à nue du cathéter abdominal et déconnexion : les deux cas observés étaient associés uniquement à une hydrocéphalie **triventriculaire** ; **p = 1,000** dans les deux situations.

Toutes les comparaisons ont été analysées avec le **test exact de Fisher** lorsque les effectifs étaient faibles. Aucune des corrélations entre **type de complication** et **type d'hydrocéphalie** n'a montré de **différence statistiquement significative.**

Tableau 63 corrélation autres types de complications et type d'hydrocéphalie

	Triventriculaire		Tetraventriculaire		RR (IC95%)	Valeur p
	N	%	N	%		
Fièvre						
Oui	18	48.6	19	51.4	0.74	0.1144
Non	34	65.4	18	34.6	0.51-1.09	
Tx de Globule blanc élevé						
Oui	17	48.6	18	51.4	0.75	0.1288
Non	35	64.8	19	35.2	0.51-1.11	
Taux d'hémoglobine bas						
Oui	5	35.7	9	64.3	0.57	0.0603
Non	47	62.7	28	37.3	0.28-1.18	

Parmi les patients ayant présenté une **fièvre**, **18 (48,6 %)** avaient une hydrocéphalie **triventriculaire** et **19 (51,4 %)** une forme **tétraventriculaire**. À l'inverse, chez les patients sans fièvre, **34 (65,4 %)** étaient triventriculaires et **18 (34,6 %)** **tétraventriculaires**. Le **risque relatif (RR)** était de **0,74 [0,51–1,09]**, avec une **valeur p = 0,1144**, indiquant **l'absence de différence significative**.

Pour les patients avec un **taux élevé de globules blancs**, **17 (48,6 %)** avaient une hydrocéphalie triventriculaire et **18 (51,4 %)** **tétraventriculaire**. Dans le groupe sans cette anomalie, **35 (64,8 %)** étaient triventriculaires et **19 (35,2 %)** **tétraventriculaires**. Le **RR** était de **0,75 [0,51–1,11]**, **p = 0,1288**, **non significatif**.

Concernant un **taux d'hémoglobine bas**, **5 patients (35,7 %)** avaient une hydrocéphalie triventriculaire, et **9 (64,3 %)** **tétraventriculaire**. En comparaison, les patients sans cette anomalie étaient **62,7 % triventriculaires** et **37,3 % tétraventriculaires**. Le **RR** était de **0,57 [0,28–1,18]**, avec une **valeur p = 0,0603**, indiquant une **tendance non significative**.

Aucune des corrélations entre **ces types de complications biologiques ou cliniques** et le **type d'hydrocéphalie** n'a atteint le seuil de **signification statistique**.

Tableau 64 corrélations complication et signes clinique

	Complication		Complication		RR	Valeur p
	Oui n=89		Non n=114		(IC95%)	
	N	%	N	%		
Macrocranie						
Oui	71	46.4	82	53.6	1.29	0.1980
Non	18	36.0	32	64.0	0.86-1.94	
Vomissement						
Oui	51	44.0	65	56.0	1.01	0.9674
Non	38	43.7	49	56.3	0.73-1.38	
Bombement fontanelle						
Oui	54	48.6	57	51.4	1.28	0.1295
Non	35	38.0	57	62.0	0.93-1.77	
Déficit moteur						
Oui	38	54.3	32	45.7	<u>1.42</u>	<u>0.0296</u>
Non	51	38.3	82	61.7	<u>1.04-1.92</u>	
Disjonction des sutures						
Oui	35	62.5	21	37.5	<u>1.70</u>	<u>0.0009</u>
Non	54	36.7	93	63.3	<u>1.27-2.28</u>	
Circulation veineuse collatérale						
Oui	34	63.0	20	37.0	<u>1.71</u>	<u>0.0009</u>
Non	55	36.9	94	63.1	<u>1.27-2.29</u>	
Peau fine						
Oui	32	61.5	20	38.5	<u>1.63</u>	<u>0.0029</u>
Non	57	37.7	94	62.3	<u>1.21-2.19</u>	
Regard en coucher de soleil						
Oui	32	61.5	20	38.5	<u>1.63</u>	<u>0.0029</u>
Non	57	37.7	94	62.3	<u>1.21-2.19</u>	

Parmi les **89 patients ayant présenté une complication**, **71 (79,8 %)** présentaient une **macrocrânie**, contre **82 (71,9 %)** parmi les **114 patients sans complication**. Le **risque**

relatif (RR) était de **1,29** [0,86–1,94], avec une **valeur p = 0,1980**, indiquant l'**absence de différence significative**.

Les **vomissements** étaient présents chez **51 patients (57,3 %)** avec complication, contre **65 (57,0 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,01** [0,73–1,38], avec une **valeur p = 0,9674**, ne montrant **aucune association significative**.

Le **bombement de la fontanelle** était observé chez **54 patients (60,7 %)** du groupe avec complication et chez **57 (50,0 %)** du groupe sans. Le **RR** était de **1,28** [0,93–1,77], avec une **valeur p = 0,1295**, non significative.

Le **déficit moteur** était présent chez **38 patients (42,7 %)** avec complication, contre **32 (28,1 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,42** [1,04–1,92], avec une **valeur p = 0,0296**, indiquant une **différence statistiquement significative**.

La **disjonction des sutures** était notée chez **35 patients (39,3 %)** avec complication et **21 (18,4 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,70** [1,27–2,28], avec une **valeur p = 0,0009**, montrant une **association significative**.

La **circulation veineuse collatérale** était retrouvée chez **34 patients (38,2 %)** avec complication, contre **20 (17,5 %)** sans. Le **RR** était de **1,71** [1,27–2,29], avec une **valeur p = 0,0009**, également significative.

La présence de **peau fine** était rapportée chez **32 patients (36,0 %)** avec complication, contre **20 (17,5 %)** sans. Le **RR** était de **1,63** [1,21–2,19], **p = 0,0029**.

Le **regard en coucher de soleil** était aussi présent chez **32 patients (36,0 %)** avec complication et **20 (17,5 %)** sans complication. Le **RR** était de **1,63** [1,21–2,19], avec une **valeur p = 0,0029**, montrant une **association significative**.

En résumé, parmi les signes cliniques évalués, les suivants présentent une **corrélation statistiquement significative avec la survenue de complications** :

Déficit moteur ($p = 0,0296$)

Disjonction des sutures ($p = 0,0009$)

Circulation veineuse collatérale ($p = 0,0009$)

Peau fine ($p = 0,0029$)

Regard en coucher de soleil ($p = 0,0029$)

Tableau 65 corrélation entre le nombre de signes cliniques (<3 ou ≥3) et la survenue des complications post-opératoires.

	Nbre de signes cliniques						
	≥3	%	<3	%	Total	iC à95 %	Valeur p
	N=100		N=103				
Complications							
Oui	53	53	36	35	89	1.44	0.0096
Non	47	47	67	65	114	1.09-1.91	
Cp infectieuse							
oui	26	26.0	18	17.5	44	1.24	0.1406
non	74	74.0	85	82.5	159	0.94-1.71	
Occlusion							
oui	5	5.0	3	2.9	8	1.28 0.74-	0.4937
non	95	95.0	100	97.1	195	2.24	
Écoulement							
oui	4	4.0	1	1.0	5	1.65	0.2073
non	96	96.0	102	99.0	198	1.04-2.62	
Cp mécanique							
oui	25	25.3	18	17.5	43	1.25	0.2287
non	74	74.7	85	82.5	159	0.92-1.69	
hyper drainage							
oui	2	2.0	1	1.0	3	1.36	0.6176*
non	98	98.0	102	99.0	200	0.60-3.07	
Déconnection							
oui	0	0.0	1	1.0	1	Ind.	1.000*
non	100	100.0	102	99.0	202		
Mise à nue cathéter abdominal.							
oui	1	1.0	0	0.0	1	2.04	0.4926
non	99	99.0	103	100.0	202	1.77-2.35	
Mise à nue chambre							
oui	7	7.0	4	3.9	11	1.31	0.3268
non	93	93.0	99	96.1	192	0.82-2.10	
Ecoulement de LCR							

oui	4	4.0	1	1.0	5	1.31	0.2073
non	96	96.0	102	99.0	198	0.82-2.10	

- Le nombre de signes cliniques ≥ 3 est **significativement associé** à un risque plus élevé de complications globales post-DVP ($p = 0,0096$).
- Aucune **corrélation significative** n'est retrouvée avec les complications spécifiques, bien que certaines tendances soient observées (par ex. taux légèrement plus élevé d'infections, d'écoulements, ou de complications mécaniques chez les patients ≥ 3 signes).
- Les **autres types de complications** (occlusion, hyperdrainage, déconnexion, mise à nue) ne montrent pas de différence significative selon le nombre de signes cliniques.

Tableau 66 Corrélation périmètre crânien et type de complication

	Périmètre crânien						
	≥50 N=75	%	<50 N=128	%	Total	iC à95 %	Valeur p
Complications							
Oui	41	54.7	48	37.5	89	1.54	0.0174
Non	34	45.3	80	62.5	114	1.08-2.21	
Cp infectieuse							
Oui	24	32.0	20	15.6	44	1.70	0.0063
Non	51	68.0	108	84.4	159	1.20-2.42	
Occlusion							
Oui	4	5.3	4	3.1	8	1.37	0.4708
Non	71	94.7	124	96.9	195	0.67-2.81	
Écoulement							
Oui	4	5.3	1	0.8	5	2.23	0.0632
Non	71	94.7	127	99.2	198	1.39-3.59	
Cp mécanique							
Oui	16	21.3	27	21.3	43	1.00	0.9902
Non	59	78.7	100	78.7	159	0.65-1.55	
hyper drainage							
Oui	0	0.0	3	2.3	3	Ind.	0.2977*
Non	75	100.0	125	97.7	200		
Déconnection							
Oui	0	0.0	1	0.8	1	Ind.	1.000*
Non	75	100.0	127	99.2	202		
Mise à nue cathéter abdominal.							
Oui	1	1.3	0	0.0	1	2.73	0.3695
Non	74	98.7	128	100.0	202	2.28-3.27	
Mise à nue chambre							
Oui	8	10.7	3	2.3	11	2.08	0.0203*
Non	67	89.3	125	97.7	192	1.38-3.14	
Ecoulement de LCR							
Oui	4	5.3	1	0.8	5	2.23	0.0632
Non	71	94.7	127	99.2	198	1.39-3.59	

Parmi les 203 patients étudiés, répartis selon leur périmètre crânien (<50 cm ou ≥ 50 cm), les principales observations sont :

Complications globales : 54,7 % des patients avec un périmètre crânien ≥ 50 cm ont présenté des complications, contre 37,5 % pour ceux avec un périmètre <50 cm. Cette différence est statistiquement significative ($p = 0,0174$).

Complications infectieuses : 32,0 % des patients avec un périmètre ≥ 50 cm ont développé des infections, contre 15,6 % pour ceux avec un périmètre <50 cm ($p = 0,0063$).

Mise à nue de la chambre : 10,7 % des patients avec un périmètre ≥ 50 cm ont présenté cette complication, contre 2,3 % pour ceux avec un périmètre <50 cm ($p = 0,0203$).

Autres complications : Les taux d'occlusion, d'écoulement de LCR, de complications mécaniques, d'hyperdrainage, de déconnexion et de mise à nue du cathéter abdominal ne montrent pas de différences statistiquement significatives entre les deux groupes.

Tableau 67 corrélations types de complication et nombre de révision

Statistiques descriptives					
Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Mécanique					
Oui	44	1.52	1	1	0.098
Non	45	1.18	1	0.912	
Infectieuse					
Oui	43	1.42	1.00	1.14	0.761
Non	46	1.28	1.00	0.78	
Mise à nue chambre					
Oui	11	1.18	1	0.751	0.555
Non	78	1.37	1	0.995	
Occlusion					
Oui	8	1.5	1.5	1.2	0.649
Non	81	1.33	1	0.949	
Ecoulement de LCR					
Oui	5	2.2	2	1.92	0.262
Non	84	1.3	1	0.875	
Hyper drainage					
Oui	3	1.33	1	0.577	0.893
Non	86	1.35	1	0.979	
Mise à nue cathéter abdominal.					
Oui	1	3	3	NaN	0.116
Non	88	1.33	1	0.956	
Déconnection					
Oui	1	2	2	NaN	0.346
Non	88	1.34	1	0.969	

Parmi les **patients ayant présenté une complication mécanique** (n = 44), le **nombre moyen de révisions** était de **1,52** avec une **médiane de 1** et un **écart-type de 1,00**. Chez ceux sans complication mécanique (n = 45), la moyenne était de **1,18**, également avec une médiane de 1.

La **valeur p** obtenue est de **0,098**, indiquant l'**absence de différence statistiquement significative**.

Concernant les **complications infectieuses**, le nombre moyen de révisions était de **1,42** (écart-type 1,14) chez les patients infectés (n = 43) et de **1,28** (écart-type 0,78) chez les non infectés (n = 46), avec une **valeur p = 0,761, non significative**.

En cas de **mise à nue de la chambre** (n = 11), la moyenne était de **1,18** (écart-type 0,751), contre **1,37** chez les autres (n = 78), **p = 0,555**.

Pour les **occlusions** (n = 8), la moyenne était de **1,5 révisions** (médiane 1,5), contre **1,33** dans les autres cas (n = 81), **p = 0,649**.

Les **écoulements de LCR** (n = 5) étaient associés à une moyenne de **2,2 révisions** (médiane 2), contre **1,3** pour les autres (n = 84), avec une **valeur p = 0,262, non significative**.

Concernant les **hyperdrainages** (n = 3), la moyenne était de **1,33** contre **1,35** pour les autres cas, **p = 0,893**.

Dans les cas isolés de **mise à nue du cathéter abdominal** (n = 1) et de **déconnexion** (n = 1), les moyennes de révisions étaient respectivement de **3** et **2**, mais les effectifs étant trop faibles, ces résultats n'ont pas de valeur interprétative. Les **valeurs p** correspondantes sont de **0,116** et **0,346, non significatives**.

En résumé, **aucune des différences dans le nombre moyen de révisions** selon le type de complication **n'est statistiquement significative** dans cette série, bien que certains types (comme les écoulements de LCR) soient associés à des moyennes plus élevées.

Marque de valve MED et Autres							
	MED	%	Autres	%	Total	iC à95 %	Valeur p
	N=157		N=46				
Complications							
Oui	69	43.9	20	43.5	89	1.00 0.86-	0.9549
Non	88	56.1	26	56.5	114	1.17	
Cp infectieuse							
Oui	39	24.8	5	10.9	44	1.19	0.0431
Non	118	75.2	41	89.1	159	1.04-1.37	
Occlusion							
Oui	6	3.8	2	4.3	8	0.97	1.000*
Non	151	96.2	44	95.7	195	0.64-1.46	
Écoulement							
Oui	4	2.5	1	2.2	5	1.04	1.000*
Non	153	97.5	45	97.8	198	0.66-1.62	
Cp mécanique							
Oui	27	17.3	16	34.8	43	0.77	0.0109
Non	129	82.7	30	65.2	159	0.61-0.99	
hyper drainage							
Oui	2	1.3	1	2.2	3	0.86	0.5394*
Non	155	98.7	45	97.8	200	0.39-1.92	
Déconnection							
Oui	1	0.6	0	0.0	1	1.29	1.000*
Non	156	99.4	46	100.0	202	1.20-1.40	
Mise à nue cathéter abdominal.							
Oui	1	0.6	0	0.0	1	1.29	1.000*
Non	156	99.4	46	100.0	202	1.20-1.40	
Mise à nue chambre							
Oui	10	6.4	1	2.2	11	1.19	0.4620*
Non	147	93.6	45	97.8	192	0.97-1.45	
Ecoulement de LCR							
Oui	4	2.5	1	2.2	5	1.04	1.000*
Non	153	97.5	45	97.8	198	0.66-1.62	

Tableau 68corrélation marque de la valve et type de complication

Tableau 69 :corrélation marque de la valve et type de complication

	Marque de valve HP et Autres						
	HP	%	Autres	%	Total	iC à95 %	Valeur p
	N=36		N=167				
Complications							
Oui	17	47.2	72	43.1	89	1.15	0.6523
Non	19	52.8	95	56.9	114	0.63-2.07	
Cp infectieuse							
Oui	5	13.9	39	23.4	44	0.58	0.2113
Non	31	86.1	128	76.6	159	0.24-1.41	
Occlusion							
Oui	1	2.8	7	4.2	8	0.70	0.6925*
Non	35	97.2	160	95.8	195	0.11-4.46	
Ecoulement							
Oui	1	2.8	4	2.4	5	1.13	1.000*
Non	35	97.2	163	97.6	198	0.19-6.70	
Cp mécanique							
Oui	14	38.9	29	17.5	43	2.35	0.0044
Non	22	61.1	137	82.5	159	1.32-4.20	
hyper drainage							
Oui	0	0.0	3	1.8	3	Ind.	1.000*
Non	36	100.0	164	98.2	200		
Déconnection							
Oui	0	0.0	1	0.6	1	Ind.	1.000*
Non	36	100.0	166	99.4	202		
Mise à nue cathéter abdominal.							
Oui	0	0.0	1	0.6	1	Ind.	1.000*
Non	36	100.0	166	99.4	202		
Mise à nue chambre							
Oui	1	2.8	10	6.0	11	0.50	0.6929*
Non	35	97.2	157	94.0	192	0.08-3.31	
Ecoulement de LCR							
Oui	1	2.8	4	2.4	5	1.13	1.000*
Non	35	97.2	163	97.6	198	0.19-6.70	

	Marque de valve SOPH et Autres						
	SOPH	%	Autres	%	Total	iC à95 %	Valeur p
	N=2		N=201				
hyper drainage							
Oui	1	50.0	2	1.0	3	66.67	0.0294*
Non	1	50.0	199	99.0	200	5.33-834.02	

*Test Exact de Fisher

Nb :Aucune signification n'a été retrouvé avec les autres facteurs pour la variable Valve SOPH et la Valve DESU

Valve MED et autres

Parmi les 203 patients, 157 (77,3 %) ont été implantés avec une valve de marque MED et 46 (22,7 %) avec une autre marque.

Le **taux global de complications** est similaire entre les deux groupes : 43,9 % pour la marque MED (n = 69) contre 43,5 % pour les autres marques (n = 20).

Le taux de **complications infectieuses** est de 24,8 % avec la marque MED contre 10,9 % avec les autres marques, soit une différence significative (p = 0,0431).

Les taux d'**occlusion**, d'**écoulement**, d'**hyperdrainage**, de **déconnexion**, de **mise à nue du cathéter abdominal** et de **mise à nue de la chambre** ne montrent pas de différences significatives entre les deux groupes.

En revanche, le taux de **complications mécaniques** est plus faible dans le groupe MED (17,3 %) que dans le groupe Autres (34,8 %), différence significative (p = 0,0109).

Valve HP et autres

Chez 203 patients, 36 (17,7 %) ont reçu une valve HP et 167 (82,3 %) une autre marque.

Le taux de **complications globales** est de 47,2 % pour la valve HP contre 43,1 % pour les autres, sans différence significative (p = 0,6523).

Le taux d'**infections** est de 13,9 % avec la valve HP contre 23,4 % pour les autres, sans différence significative ($p = 0,2113$).

Le taux de **complications mécaniques** est significativement plus élevé dans le groupe HP (38,9 %) comparé aux autres (17,5 %), $p = 0,0044$.

Les autres complications (occlusion, écoulement, hyperdrainage, déconnexion, mise à nue du cathéter abdominal, mise à nue de la chambre, écoulement de LCR) ne présentent pas de différences significatives entre les deux groupes.

Valve SOPH et autres

Seuls 2 patients (1,0 %) ont été implantés avec une valve SOPH, contre 201 patients (99,0 %) avec une autre marque.

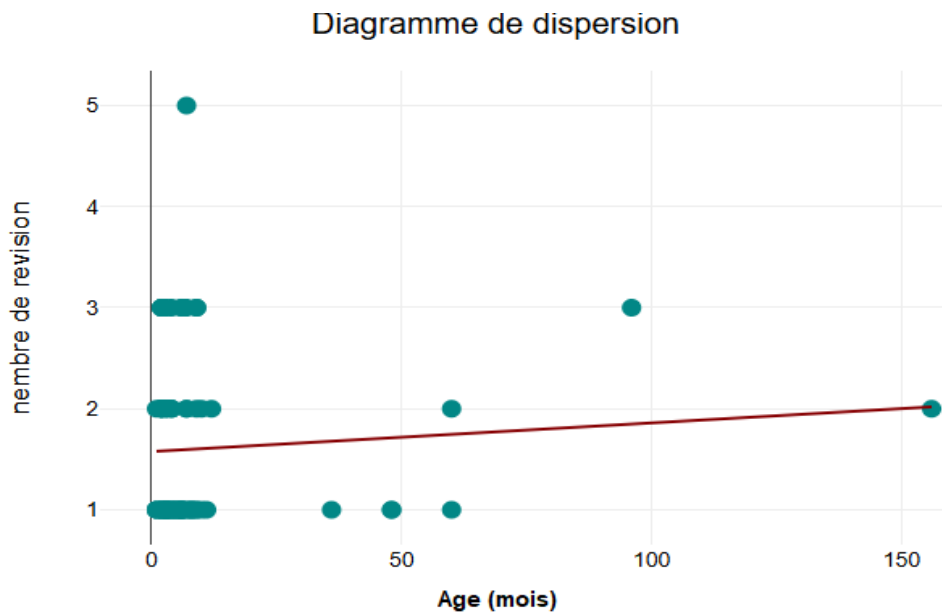
Parmi ces 2 cas, 1 patient (50,0 %) a présenté un **hyperdrainage**, contre 2 patients (1,0 %) dans le groupe Autres.

Cette différence est statistiquement significative ($p = 0,0294$), mais le faible effectif des patients implantés avec la valve SOPH doit être noté.

Aucune différence significative n'a été retrouvée pour les autres complications.

NB : Aucune différence significative n'a été retrouvée pour la variable **valve DESU** en lien avec les complications post-opératoires.

NOMBRE DE REVISION n=75



graphe 23 corrélation du nombre de révision et âge (en mois) n=75

Le **diagramme de dispersion** illustre la relation entre l'**âge des patients (en mois)** et le **nombre de révisions chirurgicales** (n = 75). L'analyse statistique basée sur le **coefficient de corrélation de Spearman** montre une valeur de **-0,008**, avec une **valeur p = 0,949**. Ces résultats indiquent **l'absence de corrélation** entre l'âge au moment de la DVP et le nombre de révisions effectuées dans cette cohorte. La ligne de tendance visualisée dans le graphique est quasiment horizontale, traduisant également l'absence de lien directionnel entre les deux variables.

Tableau 70 corrélation nombre de révision et classes d'âge (en mois)

ClasAgem	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Min.	Max.	Valeur p *
[0-6[	41	1.54	1	0.711	1	3	0.992
[6-12[	25	1.72	1	1.061	1	5	
[12-18[	2	1.5	1.5	0.707	1	2	
≥24	7	1.57	1	0.787	1	3	

*Test de Kruskal-Wallis

Parmi les **75 patients révisés**, la moyenne du **nombre de révisions** varie selon les **classes d'âge** au moment de la DVP. Dans la classe **[0–6 mois]**, la moyenne est de **1,54 révision** (écart-type : 0,711 ; médiane : 1 ; min : 1, max : 3). Pour la classe **[6–12 mois]**, la moyenne est de **1,72** (écart-type : 1,061 ; min : 1, max : 5). Dans la classe **[12–18 mois]** (n = 2), la moyenne est de **1,5**. Enfin, chez les enfants de **24 mois et plus**, la moyenne est de **1,57 révision** (écart-type : 0,787).

L'analyse statistique par le **test de Kruskal-Wallis** donne une **valeur p = 0,992**, indiquant qu'il **n'existe aucune différence significative** dans le nombre moyen de révisions entre les différentes classes d'âge.

Tableau 71 corrélation entre le nombre de révision et sexe

Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	p-value*
Féminin	40	1.4	1	0.632	0.047
Masculin	35	1.83	2	0.985	

*Test de Mann-Whitney (U)

Parmi les **75 patients ayant subi au moins une révision**, le **nombre moyen de révisions** était de **1,83** (médiane : 2 ; écart-type : 0,985) chez les **garçons (n = 35)**, contre **1,4** (médiane : 1 ; écart-type : 0,632) chez les **filles (n = 40)**. Le **test de Mann-Whitney** a montré une **valeur p = 0,047**, indiquant une **différence statistiquement significative** entre les deux sexes, avec une fréquence de révisions **plus élevée chez les garçons**.

Tableau 72 corrélation entre le nombre de révision et wilaya de résidence

Statistiques descriptives

Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Annaba	18	1.56	1	1.04	0.452
Autres Wilayas	57	1.61	1	0.774	

***Test de Mann-Whitney (U)**

Parmi les **75 patients ayant subi une révision**, ceux résidant dans la **wilaya d'Annaba** (n = 18) présentaient un **nombre moyen de révisions de 1,56** (médiane : 1 ; écart-type : 1,04), tandis que les patients provenant des **autres wilayas** (n = 57) avaient une **moyenne de 1,61** (médiane : 1 ; écart-type : 0,774). Le **test de Mann-Whitney** a donné une **valeur p = 0,452**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative** entre les deux groupes selon la wilaya de résidence.

Tableau 73 corrélation nombre de révision et niveau d'instruction de la mère

Statistiques descriptives

	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Bas	36	1.69	1	0.951	0.541
Moyen	37	1.54	1	0.735	
Élevé	2	1.00	1	0	

***Test de Kruskal-Wallis**

Parmi les **75 patients révisés**, ceux dont la **mère avait un niveau d'instruction bas** (n = 36) présentaient une **moyenne de 1,69 révision** (médiane : 1 ; écart-type : 0,951). Pour les mères de **niveau moyen** (n = 37), la **moyenne était de 1,54** (médiane : 1 ; écart-type : 0,735). Enfin, chez les mères de **niveau élevé** (n = 2), la **moyenne était de 1,00** (médiane : 1 ; écart-type : 0).

L'analyse statistique par le **test de Kruskal-Wallis** a donné une **valeur p = 0,541**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative** dans le nombre de révisions selon le niveau d'instruction de la mère.

Tableau 74 corrélation nombre de révision et niveau d'instruction de la père

Statistiques descriptive de la variable

	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Bas	40	1.68	1	0.917	0.776
Moyen	33	1.55	1	0.755	
Élevé	2	1.30	1.5	0.707	

*Test de Kruskal-Wallis

Parmi les **75 patients ayant subi une révision**, ceux dont le **père avait un niveau d'instruction bas** (n = 40) présentaient une **moyenne de 1,68 révision** (médiane : 1 ; écart-type : 0,917). Pour les pères de **niveau moyen** (n = 33), la moyenne était de **1,55** (médiane : 1 ; écart-type : 0,755), tandis que chez les pères de **niveau élevé** (n = 2), la moyenne était de **1,30** (médiane : 1,5 ; écart-type : 0,707).

L'analyse effectuée à l'aide du **test de Kruskal-Wallis** a donné une **valeur p = 0,776**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative** dans le nombre de révisions selon le niveau d'instruction du père.

Tableau 75 corrélation nombre de révision et la marque de la valve

Statistiques descriptive de la variable : Nbre de révision

	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
DESU	1	2	2	NaN	0.696
MED	58	1.6	1	0.877	
SOPH	1	2	2	NaN	
HP	15	1.53	1	0.743	

*Test de Kruskal-Wallis

Parmi les **75 patients ayant subi une révision**, ceux porteurs d'une valve **MED** (n = 58) présentaient une **moyenne de 1,6 révision** (médiane : 1 ; écart-type : 0,877). Les patients porteurs d'une valve **HP** (n = 15) avaient une moyenne de **1,53** (médiane : 1 ; écart-type : 0,743). Les patients porteurs des valves **DESU** et **SOPH** (n = 1 pour chacun) avaient chacun **2 révisions**, mais sans écart-type calculable (effectif trop faible).

L'analyse statistique par le **test de Kruskal-Wallis** a donné une **valeur p = 0,696**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative** entre le nombre de révisions et la **marque de la valve** utilisée.

Tableau 76 corrélation nombre de révision et type d'hydrocéphalie

Tétraventriculaire	29	1.69	2	0.712	0.160
Triventriculaire	46	1.54	1	0.912	

*Test de Mann-Whitney (U)

Parmi les **75 patients ayant subi une révision**, ceux présentant une **hydrocéphalie tétraventriculaire** (n = 29) avaient un **nombre moyen de révisions de 1,69**, avec une **médiane de 2** et un **écart-type de 0,712**. En comparaison, les patients atteints d'une **hydrocéphalie triventriculaire** (n = 46) présentaient une **moyenne de 1,54 révision**, une **médiane de 1**, et un **écart-type de 0,912**.

Le **test de Mann-Whitney** a donné une **valeur p = 0,160**, indiquant **l'absence de différence statistiquement significative** dans le nombre de révisions selon le type d'hydrocéphalie.

Tableau 77 corrélation nombre de révision et signes cliniques

Statistiques descriptives					
Groupe	N	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Valeur p*
Macrocranie					
Non	31	1.48	1	0.724	0.370
Oui	44	1.68	1	0.909	
Vomissement					
Non	30	1.63	1	0.964	0.946
Oui	45	1.58	1	0.753	
Bombement fontanelle					
Non	30	1.63	1	0.964	0.946
Oui	45	1.58	1	0.753	
Déficit moteur					
Non	44	1.8	1.5	0.954	0.027
Oui	31	1.32	1	0.541	
Disjonction des sutures					
Non	47	1.6	1	0.851	0.980
Oui	28	1.61	1	0.832	
Circulation veineuse collatérale					
Non	48	1.58	1	0.846	0.827
Oui	27	1.63	1	0.839	
Peau fine					
Non	49	1.57	1	0.842	0.677
Oui	26	1.65	1	0.846	
Regard en coucher de soleil					
Non	49	1.61	1	0.837	0.714
Oui	26	1.58	1	0.857	

L'analyse du **nombre moyen de révisions** selon la **présence ou l'absence de signes cliniques** d'hydrocéphalie révèle les résultats suivants :

Pour la **macrocrânie**, la moyenne était de **1,68** chez les patients avec ce signe (n = 44) contre **1,48** chez ceux sans (n = 31), avec une **valeur p = 0,370, non significative**.

En cas de **vomissements**, la moyenne était de **1,58** (n = 45) contre **1,63** sans vomissements (n = 30), **p = 0,946**.

Concernant le **bombement de la fontanelle**, les patients avec ce signe (n = 45) avaient une moyenne de **1,58**, contre **1,63** sans (n = 30), **p = 0,946**.

Pour le **déficit moteur**, la moyenne du nombre de révisions était de **1,32** (n = 31) contre **1,80** (n = 44) en l'absence de déficit. La **valeur p = 0,027**, indique une **différence statistiquement significative**, avec un **plus grand nombre de révisions chez les patients sans déficit moteur**.

Pour la **disjonction des sutures**, la moyenne était quasiment identique : **1,61** chez les patients avec ce signe (n = 28) contre **1,60** sans (n = 47), **p = 0,980**.

La **circulation veineuse collatérale** était associée à une moyenne de **1,63** (n = 27) contre **1,58** chez ceux sans (n = 48), **p = 0,827**.

La **présence d'une peau fine** était associée à une moyenne de **1,65** (n = 26) contre **1,57** (n = 49), **p = 0,677**.

Enfin, pour le **regard en coucher de soleil**, la moyenne était de **1,58** (n = 26) contre **1,61** (n = 49) sans ce signe, avec une **valeur p = 0,714**.

En résumé, **aucun signe clinique** n'est significativement associé à une variation du nombre de révisions, **à l'exception du déficit moteur**, qui est paradoxalement associé à **moins de révisions** (**p = 0,027**).

Analyse bivariée sur la mortalité n=16 (7,9%)

Tableau 78 corrélation décès - avec l'âge, et le sexe

	Décès (Oui)		Décès (Non)		Valeur p	
	N	%	N	%		
Effectif	16	7.9	187	92.1		
Age (moy.±ET)	12.8 (19.7)		15.1 (28.4)		Test U.Mann-Whitney 1459	0.869
Médiane	4		5			
Age (mois)						
[0-6[	9	56.3	99	52.9		
[6-12[	4	25	46	24.6		
[12-18[	0	0	13	7		
[18-24[	0	0	2	1.1		
≥24	3	18.8	27	14.4		
Age (Années)						
[0-1[	13	81.3	145	77.5	0.965	
[1-5[	2	12.5	26	13.9		
[5-9[	1	6.3	10	5.3		
[9-13[	0	0	4	2.1		
≥13	0	0	2	1.1		
Sexe					RR (IC à 95%)	
Masculin	11	68.8	91	48.7	2.16 (0.78-6.05)	0.123
Féminin	5	31.3	96	51.3		

Parmi les **203 patients étudiés**, **16 (7,9 %)** sont décédés tandis que **187 (92,1 %)** ont survécu.

Concernant l'âge, la **moyenne d'âge des patients décédés** était de **12,8 mois** (écart-type : 19,7), avec une **médiane de 4 mois**. Pour les survivants, la moyenne était de **15,1 mois** (écart-type : 28,4), avec une **médiane de 5 mois**. Le **test de Mann-Whitney** a donné une **valeur p = 0,869**, indiquant **l'absence de différence significative** entre les deux groupes.

Selon la **répartition en classes d'âge (mois)**, les décès étaient plus fréquents dans la classe **[0–6 mois[(56,3 % des décès)**, suivie de la classe **[6–12 mois[(25 %)**. Les autres classes

d'âge ([12–18[, [18–24[, ≥ 24) représentaient un total de **18,7 %**. Aucune **différence significative** n'a été retrouvée (**p = 0,886**).

Selon les **classes d'âge en années**, **81,3 %** des décès concernaient des enfants de moins de 1 an, **12,5 %** entre 1 et 5 ans, et **6,3 %** entre 5 et 9 ans. Aucun décès n'a été rapporté au-delà de 9 ans. La **valeur p = 0,965** indique **l'absence de différence statistiquement significative** entre les classes d'âge.

Pour le **sexe**, **11 décès (68,8 %)** sont survenus chez des **garçons**, contre **5 (31,3 %)** chez des **filles**. La répartition dans le groupe des survivants est de **48,7 %** masculins et **51,3 %** féminins. Le **risque relatif (RR)** pour le sexe masculin est estimé à **2,16** [0,78–6,05], avec une **valeur p = 0,123**, **non significative**.

En résumé, aucune **différence statistiquement significative** n'a été observée entre le **décès** et les variables **âge** ou **sexe** dans cette cohorte.

Tableau 79 relation mortalité et autres facteurs significatives

	Décès (Oui)		Décès (Non)		RR	Valeur p
	N=16		n=187		(IC95%)	
	N	%	N	%		
CVC						
Oui	8	14.8	46	85.2	2.76	0.0273
Non	8	5.4	141	94.6	1.09-6.99	
Complication						
Oui	13	14.6	76	85.4	5.55	0.0017
Non	3	2.6	111	97.4	1.63-18.88	
Fièvre						
oui	10	27.0	27	73.0	7.48	<0.0001
non	6	3.6	160	96.4	2.90-19.28	
Taux d'hémoglobine bas						
oui	6	42.9	8	57.1	8.10	<0.0001
non	10	5.3	179	94.7	3.45-19.03	
Taux de globules blanc élevé						
oui	9	25.7	26	74.3	6.17	<0.0001
non	7	4.2	161	95.8	2.46-15.46	

Parmi les **16 patients décédés**, plusieurs facteurs ont montré une **association statistiquement significative avec la mortalité** :

La **circulation veineuse collatérale (CVC)** était présente chez **8 patients décédés (50,0 %)** contre **46 (24,6 %)** parmi les survivants. Le **risque relatif (RR)** était de **2,76 [1,09–6,99]**, avec une **valeur p = 0,0273**, indiquant une **association significative**.

Les **complications post-opératoires** étaient observées chez **13 patients décédés (81,3 %)**, contre **76 (40,6 %)** parmi les survivants. Le **RR** était de **5,55 [1,63–18,88]**, **p = 0,0017**, mettant en évidence un **lien significatif avec la survenue du décès**.

La présence de **fièvre** était notée chez **10 patients décédés (62,5 %)**, contre **27 (14,4 %)** parmi les survivants. Le **RR** était de **7,48 [2,90–19,28]**, avec une **valeur p < 0,0001**, indiquant une **association très significative**.

Un **taux d'hémoglobine bas** a été retrouvé chez **6 patients décédés (37,5 %)**, contre **8 (4,3 %)** chez les survivants. Le **RR** était de **8,10 [3,45–19,03]**, avec une **valeur p < 0,0001**, marquant une **association fortement significative**.

Enfin, un **taux élevé de globules blancs** était présent chez **9 patients décédés (56,3 %)**, contre **26 (13,9 %)** dans le groupe des survivants. Le **RR** était de **6,17 [2,46–15,46]**, avec une **valeur p < 0,0001**, également **hautement significatif**.

Ainsi, dans cette série, la **présence de complications**, de **fièvre**, d'**anomalies biologiques (anémie et hyperleucocytose)** ainsi que la **CVC** sont les facteurs ayant montré une **corrélacion statistiquement significative avec la survenue du décès**.

IV-ANALYSE MULTIVARIEE

1-Facteurs prédictifs des complications

Une analyse de régression logistique a été utilisé dans notre étude pour mesurer l'influence des facteurs prédictifs (variables indépendantes explicatives) que nous avons considéré comme ayant un impact sur la variable dépendante (complications des DVP) , dont nous avons constaté, par l'analyse bivariée, qu'elles avaient une relation statistiquement significative.

Tableau 80 Modèle final de régression logistique des facteurs significatifs associés aux complications des DVP chez l'enfant

		IC à 95 %		
Prédicteur	Odds Ratio*	Borne <	Borne >	P-Value
Age	0,9923	0,9794	1,0054	0,2497
CVC	<u>2,4734</u>	<u>1,0680</u>	<u>5,7282</u>	<u>0,0346</u>
Affection pendant la grossesse	<u>2,8374</u>	<u>1,0643</u>	<u>7,5643</u>	<u>0,0371</u>
Déficit moteur	1,7561	0,6525	4,7258	0,2649
Encéphalocèle	0,2361	0,0448	1,2440	0,0887
Spinabifida	0,9499	0,3506	2,5733	0,9194
PC	0,9845	0,9152	1,0590	0,6751
CONSTANT	*	*	*	0,9343
Test t=22.5971 DL=7 p=0.0022				

*Rapport des cotes

Le modèle final de **régression logistique** a inclus plusieurs variables cliniques et biologiques afin d'identifier les **facteurs indépendamment associés aux complications** des dérivations ventriculo-péritonéales (DVP).

Parmi les prédicteurs inclus, deux variables ont montré une **association statistiquement significative** :

La **circulation veineuse collatérale (CVC)** est associée à un **odds ratio (OR)** de **2,47** [1,07–5,73] avec une **valeur p = 0,0346**, indiquant un **risque significativement accru** de complication chez les patients présentant ce signe clinique.

L'**atteinte d'une affection pendant la grossesse** est également associée à un **OR = 2,84** [1,06–7,56], avec une **valeur p = 0,0371**, suggérant une contribution indépendante de ce facteur au risque de complication.

Les autres variables incluses dans le modèle n'ont pas atteint le seuil de significativité :

L'**âge** (OR = 0,99 ; p = 0,2497),

Le **déficit moteur** (OR = 1,76 ; p = 0,2649),

La présence d'un **encéphalocèle** (OR = 0,24 ; p = 0,0887),

Le **spina bifida** (OR = 0,95 ; p = 0,9194),

Le **périmètre crânien (PC)** (OR = 0,98 ; p = 0,6751).

L'ensemble du modèle est significatif (**test global : p = 0,0022** avec **7 degrés de liberté**), indiquant que les variables sélectionnées expliquent de manière significative la variation du risque de complication dans cette population.

.

2-Facteurs prédictifs de la mortalité

Une analyse de régression logistique a été utilisée dans notre étude pour mesurer l'influence des facteurs prédictifs (variables indépendantes explicatives) à savoir : complications , CVC, Fièvre, taux d'hémoglobine bas , taux de globule blanc élevé, que nous avons considéré comme ayant un impact sur la variable dépendante (décès) , dont nous avons constaté, par l'analyse bivariée, qu'elles avaient une relation statistiquement significative.

Tableau 81 Modèle final de régression logistique des facteurs significatifs prédictifs au décès

	Rapport des cotes	IC à 95 %		
Prédicteur	Odds Ratio	Borne<	Borne>	P-Value
Complication	1,6161	0,2943	8,8752	0,5807
CVC	2,0983	0,6579	6,6928	0,2104
Fièvre	7,7177	0,6270	94,9961	0,1106
HB_bas	<u>4,7479</u>	<u>1,1185</u>	<u>20,1537</u>	<u>0,0347</u>
Tx_Glb.blanc élevé	0,4952	0,0433	5,6671	0,5720
CONSTANT	*	*	*	<u>0,0000</u>

Test	Statistic	D.F.	P-Value
Score	35,5822	5	0,0000
Likelihood Ratio	24,3733	5	0,0002

L'analyse de **régression logistique multivariée** a permis d'évaluer les **facteurs indépendamment associés au décès** parmi les variables significatives identifiées en analyse bivariée.

Parmi les prédicteurs inclus, **un seul facteur a montré une association statistiquement significative** :

Un **taux d'hémoglobine bas (HB_bas)** est associé à un **odds ratio (OR)** de **4,75** [1,12–20,15], avec une **valeur p = 0,0347**, indiquant une **augmentation significative du risque de décès** chez les patients anémiques.

Les autres variables incluses dans le modèle n'ont pas atteint le seuil de significativité :

Complication postopératoire (OR = 1,62 ; p = 0,5807),

Circulation veineuse collatérale (CVC) (OR = 2,10 ; p = 0,2104),

Fièvre (OR = 7,72 ; p = 0,1106),

Taux élevé de globules blancs (OR = 0,50 ; p = 0,5720).

Malgré l'absence de significativité individuelle pour ces variables, le **modèle global est hautement significatif**, avec un **test du score = 35,5822** (ddl = 5 ; p < 0,0001) et un **test du**

rapport de vraisemblance = 24,3733 (ddl = 5 ; **p = 0,0002**), suggérant que l'ensemble des variables incluses contribue de manière significative à l'explication de la mortalité dans cette population.

7 DISCUSSION:

1-Prédominance de la petite enfance et concentration des cas dans la première année de vie

L'analyse des 203 cas de cette série révèle une **forte concentration des indications de dérivation ventriculopéritonéale (DVP) dans la première année de vie**, avec **77,8 % des enfants opérés avant l'âge d'un an**, dont **53,2 %** avant l'âge de 6 mois. Ce constat est en accord avec la **littérature internationale**. Riva-Cambrin et al. (2016) ont montré dans une large cohorte multicentrique nord-américaine que **l'âge < 6 mois** est non seulement la tranche d'âge la plus représentée mais aussi un **facteur de risque indépendant** de dysfonctionnement précoce du shunt (155). Cette prédominance s'explique par le fait que l'hydrocéphalie est souvent **congénitale ou secondaire à des événements périnataux** (hémorragie intraventriculaire, infections) chez les nourrissons, et que l'augmentation rapide du périmètre crânien à cet âge rend les signes cliniques plus évidents et les interventions plus urgentes (156).

Des études régionales confirment ce profil. Une étude menée à **Conakry** par Camara et al. (2016) note également une nette prédominance des cas chez les nourrissons, avec une médiane d'âge inférieure à 1 an (157). De même, H Almazroea et al. (2019) à Médine (Arabie Saoudite) ont retrouvé une majorité de patients opérés dans la première année de vie, reflétant des réalités cliniques semblables dans les pays arabes (158).

2. Asymétrie de la distribution et dispersion des âges

L'âge moyen des enfants opérés est de **14,9 ± 27,7 mois**, alors que la **médiane est de 5 mois**, ce qui traduit une **asymétrie à droite** de la distribution. Cette tendance est bien connue dans les cohortes pédiatriques, où la **majorité des cas surviennent très tôt**, mais un **sous-groupe plus âgé**, souvent porteur d'hydrocéphalie acquise (tumorale, post-infectieuse ou traumatique), vient **tirer la moyenne vers le haut**. Cette hétérogénéité est également

observée dans l'étude turque de Yilmaz A et al. (2012), qui note une moyenne d'âge plus élevée mais une concentration significative des cas avant 1 an (110).

3. Répartition selon le sexe : quasi-parité sans impact significatif

Dans cette série, la **répartition entre les sexes est équilibrée** (50,2 % garçons vs 49,8 % filles ; sex-ratio H/F = 1,01), sans différence statistiquement significative. Ce résultat corrobore les données de la littérature qui rapportent généralement une **fréquence comparable entre garçons et filles** dans la majorité des étiologies d'hydrocéphalie (159). McGirt et al. (2003) et Altwejrj IS et al. (2020) notent une **légère prédominance masculine** dans certaines séries, mais sans conséquence significative sur les taux de complications (160,161).

Dans les pays du Maghreb et du Moyen-Orient, les études convergent également vers une distribution équilibrée. H Almazroea et al. (2019) ont rapporté une légère prédominance masculine (42 garçons vs 23 filles parmi les patients compliqués), sans lien démontré avec le pronostic ou la fréquence des dysfonctionnements (158).

4. Comparaison de l'âge selon le sexe : tendance non significative

L'analyse comparative montre que les garçons ont un âge moyen légèrement supérieur à celui des filles (17,9 vs 11,8 mois), avec des médianes proches (6 vs 5 mois), mais ces différences ne sont **pas significatives statistiquement** ($p = 0,142$). Cela rejoint les résultats d'études antérieures, notamment celle de Altwejrj et al. (2020), qui a observé des **écarts d'âge moyens entre sexes sans signification clinique ou statistique** dans les cohortes de patients avec dysfonctionnement de shunt (161).

5. Distribution conjointe âge/genre : homogénéité globale

L'analyse croisée des **classes d'âge et du sexe** ne met en évidence **aucune différence significative** ($p = 0,3935$), indiquant que **la survenue de l'hydrocéphalie symptomatique et son traitement par DVP sont globalement répartis de façon homogène entre filles et garçons**, quel que soit l'âge. Cette observation est soutenue par les études menées en Arabie Saoudite et au Maghreb (110,155,159), suggérant une **universalité du profil épidémiologique** de l'hydrocéphalie pédiatrique, indépendamment des facteurs socioculturels ou géographiques.

Ces données confirment que, dans les pays à démographie jeune et systèmes de santé en structuration, la répartition par sexe est soit équilibrée, soit très légèrement en faveur des garçons — sans impact majeur sur la prise en charge ou le profil de complications.

La **quasi-parité observée dans notre série** renforce la robustesse de l'échantillon et écarte un éventuel biais de sélection sexuel. La tendance à un âge moyen plus élevé chez les garçons pourrait refléter un **retard de consultation** ou une **différence de tolérance clinique** à la symptomatologie intracrânienne — hypothèse évoquée mais non prouvée dans plusieurs études comparatives.

L'absence de différence significative selon le sexe en termes d'âge à la chirurgie est en ligne avec la majorité des publications, qu'elles soient occidentales ou issues du Maghreb. Cela conforte l'idée que le **sexe ne constitue pas un facteur prédictif indépendant** de la sévérité ou du moment d'indication de la DVP.

6. Répartition géographique des patients

L'analyse de la provenance géographique des patients révèle une **forte polarisation régionale** autour du **centre hospitalier universitaire d'Annaba**, principal site de prise en charge neurochirurgicale dans l'Est algérien. La **wilaya d'Annaba** représente à elle seule **24,6 %** des cas ($n = 50$), suivie de **Skikda (23,6 %)**, **Guelma (19,2 %)** et **El Tarf (13,3 %)**. Ces quatre wilayas, géographiquement contiguës, totalisent **plus de 80 % des patients** de la

cohorte. Cette répartition traduit la **centralité géographique et fonctionnelle du CHU d'Annaba**, jouant un rôle structurant dans l'accès aux soins spécialisés pour l'hydrocéphalie pédiatrique.

Les wilayas limitrophes, telles que **Souk Ahras (8,4 %)** et **Tébessa (7,9 %)**, sont également bien représentées malgré une distance plus importante, ce qui reflète à la fois le **rayonnement régional de l'établissement** et le **manque de structures neurochirurgicales pédiatriques spécialisées** dans certaines zones frontalières.

Enfin, les wilayas plus éloignées n'ont fourni que **3,0 % des cas**, ce qui peut s'expliquer par :

- La disponibilité d'autres centres spécialisés à Alger, Constantine ou Sétif,
- Ou encore des barrières logistiques, sociales et économiques à l'accès aux soins à distance.

Ce schéma de répartition rejoint les observations faites dans d'autres contextes régionaux similaires, notamment en Afrique du Nord. Par exemple, dans l'étude menée au **CHU de Conakry en 2016**, une forte majorité des cas provenait de la région urbaine de Conakry et de ses périphéries immédiates, confirmant l'effet de proximité comme facteur déterminant de la concentration des patients dans les centres hospitaliers tertiaires (157).

De même, dans l'étude saoudienne à Médine en 2019, les auteurs soulignaient que la majorité des patients provenait de la ville même ou des provinces limitrophes, illustrant une dynamique semblable à celle observée à Annaba (158).

En somme, cette **répartition géographique asymétrique**, centrée autour de la wilaya d'Annaba et des wilayas voisines, met en évidence le **rôle de pôle régional de référence** de notre centre hospitalier dans la prise en charge de l'hydrocéphalie infantile. Ce constat souligne l'importance de renforcer les capacités logistiques et humaines des structures régionales pour garantir une équité d'accès aux soins spécialisés.

7. Contexte socio-éducatif des familles : un déterminant transversal de la prise en charge

L'analyse conjointe du niveau socio-économique et du niveau d'instruction des parents des patients révèle un **profil globalement défavorisé**, constituant un **facteur contextuel majeur** dans l'interprétation des résultats cliniques et épidémiologiques.

- Revenus familiaux : une majorité issue de milieux modestes

Dans notre série, la majorité des patients, soit **59,1 % (n = 120)**, provient de familles dont le revenu est équivalent au SMIC. Environ **31,0 % (n = 63)** des cas appartiennent à des foyers **vivant en dessous du seuil du SMIC**, traduisant une **précarité socio-économique marquée**. À l'opposé, **seulement 9,9 % (n = 20)** des familles déclarent un niveau de vie supérieur.

Ces chiffres traduisent la **vulnérabilité sociale d'une grande proportion des familles concernées**, une réalité documentée dans plusieurs études menées dans des pays à revenu faible et intermédiaire. Par exemple, Sepehri et al. (2015) ont montré que le **faible revenu familial était significativement associé à un accès réduit aux soins, une morbidité accrue et une augmentation de la mortalité infantile** dans les pays en développement (162).

De plus, Durkin et al. (1994) ont souligné, au Bangladesh et au Pakistan, que les **déterminants économiques influençaient directement l'accès aux services de santé et la fréquence des ruptures de suivi** (163,164).

- Niveau d'instruction des parents : prédominance des niveaux faibles à moyens

Le niveau d'instruction des parents dans notre échantillon est globalement faible à modéré. Chez les mères, **44,8 % (n = 89)** présentent un niveau d'instruction **bas**, **52,7 % (n = 107)** un **niveau moyen**, et **3,4 % (n = 7)** un **niveau élevé**. Les pères présentent une répartition similaire.

Plusieurs études ont démontré que **le niveau d'éducation parentale, en particulier maternelle, constitue un déterminant indépendant de la santé infantile**. Karlsson et al.

(2019) ont constaté que dans 43 pays à revenu faible ou intermédiaire, chaque année supplémentaire d'éducation maternelle réduisait significativement les risques de malnutrition, de retard de croissance et de mortalité (165).

Cette association est également corroborée par Li et al. (2020), qui montrent un **lien fort entre faible instruction parentale et taux élevés de retard staturo-pondéral chez l'enfant** (166). Ces facteurs influencent directement la compréhension des protocoles médicaux, l'adhésion au suivi post-opératoire, et la reconnaissance des signes d'alerte.

Les **dimensions socio-économique et éducative** sont interdépendantes et participent à **creuser les inégalités de santé**. Dans le cadre de l'hydrocéphalie, elles peuvent favoriser les retards diagnostiques, les interruptions de suivi, et les complications non détectées précocement. Ces constatations rejoignent celles de Karlsson et al. (2019), qui insistent sur le fait que **les effets du statut socio-éducatif sont encore plus marqués dans les conditions pédiatriques complexes nécessitant un suivi spécialisé** (165).

Il est donc essentiel d'intégrer **ces facteurs contextuels** dans toute stratégie de prise en charge de l'hydrocéphalie en milieu défavorisé. Cela inclut la **sensibilisation des familles**, le **renforcement de l'éducation thérapeutique**, et la **mise en place de dispositifs sociaux de soutien actif**.

8. Facteurs périnataux dans l'étiopathogénie de l'hydrocéphalie

1. Rang de naissance : prédominance des aînés

Dans notre cohorte, une proportion importante des patients sont des premiers-nés (40,4 %), suivis des deuxièmes (23,6 %) et troisièmes enfants (23,2 %). Cette distribution suggère une prédominance des rangs de naissance précoces. Cette tendance pourrait refléter une vigilance parentale accrue lors des premières grossesses, ou encore une meilleure surveillance médicale.

Une étude réalisée au Danemark a mis en évidence que les enfants de premier rang ont un risque accru de développer une hydrocéphalie congénitale isolée, avec un risque relatif de 1,32 (IC 95 % : 1,17 à 1,49) par rapport aux rangs ultérieurs (167).

2. Pathologies gravidiques : un facteur de risque anténatal

Parmi les cas analysés, 11,3 % sont issus de grossesses compliquées par des affections maternelles telles que des infections, troubles métaboliques ou syndromes fébriles. Bien que cette proportion soit modeste, elle pourrait correspondre à un risque non négligeable pour le développement neurologique du fœtus.

Une revue systématique de la littérature a identifié plusieurs facteurs anténatals, dont les infections maternelles, le diabète, l'obésité et l'hypertension, comme étant associés à l'hydrocéphalie congénitale(168).

3. Modalités d'accouchement : taux élevé de césariennes

Notre étude montre que 39,4 % des patients sont nés par césarienne, un taux relativement élevé. Ce chiffre peut être expliqué par la présence d'anomalies fœtales détectées en anténatal ou de complications obstétricales.

La littérature suggère que la césarienne, bien que fréquente en cas de risque, n'est pas en soi protectrice vis-à-vis du développement d'hydrocéphalie, et son indication doit être évaluée au cas par cas(169).

4. Prématuration : un facteur contributif reconnu

La prématurité concerne 7,9 % des nouveau-nés de notre cohorte. Cette proportion, bien que minoritaire, est cliniquement significative, en particulier pour les formes post-hémorragiques d'hydrocéphalie.

Des études ont montré que l'hydrocéphalie post-hémorragique se développe chez environ 13 % des prématurés ayant présenté une hémorragie intraventriculaire, et peut évoluer vers des formes chroniques dans 34 % des cas(170) .

Les facteurs périnataux observés dans notre échantillon mettent en évidence des associations potentielles avec la survenue de l'hydrocéphalie, conformément aux données de la littérature. Leur intégration dans des modèles multivariés permettra de mieux cerner leur poids relatif dans l'étiopathogénie et de proposer des mesures de prévention adaptées, notamment dans les pays à ressources limitées.

9. Type d'hydrocéphalie : prédominance de la forme tri-ventriculaire

L'analyse du type d'hydrocéphalie montre une nette prédominance de la forme tri-ventriculaire, observée chez 130 patients, soit 64,1 % de l'échantillon. En comparaison, l'hydrocéphalie tétraventriculaire concerne 73 cas, représentant 35,9 % de la population étudiée.

Cette distribution suggère que la majorité des hydrocéphalies prises en charge dans cette série relèvent probablement d'une obstruction de l'aqueduc de Sylvius ou d'une sténose localisée, entraînant une dilatation des ventricules latéraux et du troisième ventricule uniquement. À l'inverse, la tétraventriculomégalie, souvent associée à des causes communicantes ou à des malformations complexes, reste moins fréquente dans cette cohorte.

Cette distinction anatomique est essentielle, car elle oriente à la fois le diagnostic étiologique et les choix thérapeutiques. Les formes triventriculaires sont le plus souvent secondaires à une sténose de l'aqueduc de Sylvius, comme le décrivent Rekate HL et al. (171), tandis que les formes tétraventriculaires peuvent résulter d'une hydrocéphalie communicante suite à des méningites, hémorragies ou malformations de type Dandy-Walker (1).

10. Malformations associées : spina bifida en tête

Parmi les 203 patients ayant bénéficié d'une DVP, 90 présentaient une malformation associée (44,3 %). Le spina bifida est la plus fréquente (77 cas, soit 85,6 % des malformations et 37,9 % de l'ensemble des patients), suivi de l'encéphalocèle (12 cas, 5,9 %) et du pied bot (13 cas, 6,4 %).

Ces résultats confirment la forte association entre spina bifida et hydrocéphalie, notamment dans le cadre du syndrome de Chiari II. La littérature rapporte que jusqu'à 80-90 % des enfants porteurs de myéloméningocèles développent une hydrocéphalie nécessitant une DVP(172).

Parmi les 77 patients porteurs de spina bifida, 63 (81,8 %) présentent un déficit moteur, illustrant la forte corrélation entre dysraphismes spinaux et déficits neurologiques, en particulier pour les localisations lombosacrées. Cette relation est bien documentée, notamment dans les séries pédiatriques traitant du syndrome de Chiari II (173).

Les malformations combinées sont aussi relevées, principalement le spina bifida associé à un pied bot (11 cas, 12,2 %) et un cas unique d'encéphalocèle avec pied bot (1,1 %). Ces phénotypes polymalformatifs soulignent l'importance d'une évaluation clinique systématique à la naissance et d'une prise en charge pluridisciplinaire(174) .

11. Périmètre crânien à l'admission : un marqueur clé de l'évolution

La mesure du périmètre crânien à l'admission a été réalisée chez l'ensemble des 203 patients. La moyenne observée est de 48,6 cm, avec une médiane à 48 cm, indiquant une distribution relativement symétrique. L'écart-type de 5,00 cm traduit une variabilité interindividuelle importante, probablement en lien avec l'hétérogénéité des âges et des stades d'évolution de l'hydrocéphalie au moment du diagnostic.

Les valeurs extrêmes, allant de 37 cm à 63 cm, illustrent à la fois des formes précoces (nourrissons avec macrocrânie modérée) et des formes évoluées caractérisées par une

distension crânienne majeure. Ces données renforcent l'intérêt du périmètre crânien comme paramètre clé de dépistage en période néonatale.

La mesure du périmètre crânien est reconnue comme un indicateur clinique fiable pour le suivi de l'hydrocéphalie. Plusieurs études ont démontré que l'augmentation rapide ou excessive du périmètre crânien constitue un signe d'appel pour une hydrocéphalie active, en particulier chez le nourrisson (4).

Par ailleurs, le suivi post-opératoire du périmètre crânien permet d'évaluer indirectement l'efficacité du shunt et de détecter précocement une défaillance de la valve. Une stabilisation ou une réduction de la croissance crânienne est généralement observée chez les enfants correctement drainés (175,176).

Ainsi, le périmètre crânien s'impose comme un marqueur accessible, peu coûteux et d'une grande valeur pronostique, tant au moment du diagnostic qu'au cours du suivi thérapeutique.

12. Présentation clinique initiale : diversité symptomatique

L'évaluation de la symptomatologie clinique chez les patients porteurs d'hydrocéphalie révèle que 193 patients (95,1 %) présentaient des signes cliniques évocateurs au moment du diagnostic. Seuls 10 cas (4,9 %) ont été identifiés en l'absence de signes apparents, souvent dans un contexte de dépistage systématique, d'imagerie prénatale ou postnatale, ou encore lors du suivi d'une malformation congénitale.

Chez les 193 patients symptomatiques, la macrocrânie est le signe le plus fréquent (153 cas, 79,3 %), suivie des vomissements (114 cas, 59,1 %) et du bombement de la fontanelle antérieure (111 cas, 57,5 %), signes typiques d'une hypertension intracrânienne. D'autres manifestations fréquentes incluent le déficit moteur (70 cas, 36,3 %), la disjonction des sutures (56 cas, 29,0 %), la circulation veineuse collatérale (54 cas, 28,0 %), la peau fine du cuir chevelu (52 cas, 26,9 %) et le regard en coucher de soleil (52 cas, 26,1 %), ce dernier étant considéré comme un signe neurologique spécifique de l'hydrocéphalie active (159)

L'analyse de la distribution du nombre de signes par patient met en évidence une hétérogénéité importante : 43 patients (22,3 %) présentent un seul signe clinique, 49 patients (25,4 %) en présentent deux. Ces formes modérées peuvent correspondre à des stades précoces. À l'inverse, 51 patients (25,1 %) présentent six à huit signes cliniques, traduisant des formes avancées, souvent associées à une hypertension intracrânienne sévère ou à une prise en charge retardée.

Cette diversité de la sémiologie clinique confirme la nécessité d'un examen rigoureux, même en présence de symptômes isolés. Elle justifie le recours systématique à l'imagerie cérébrale devant toute anomalie du développement crânien ou neurologique chez l'enfant.

13. Âge de début des symptômes : importance du repérage néonatal

L'analyse de l'âge de début des signes cliniques d'hydrocéphalie chez les 203 patients révèle une moyenne de 1,23 mois et une médiane à 0,00 mois, indiquant que plus de la moitié des enfants présentaient une symptomatologie dès la naissance. Cette donnée est confirmée par la valeur minimale observée (0,00 mois), traduisant une expression clinique néonatale immédiate.

L'écart-type élevé (3,96 mois) et la valeur maximale atteignant 48 mois illustrent une variabilité importante du délai d'apparition des symptômes. Cette dispersion reflète à la fois des formes rapidement évolutives, fréquemment associées à des malformations congénitales comme les myéloméningocèles, et des formes à progression lente, plus discrètes au départ et parfois détectées tardivement.

La précocité d'apparition des symptômes est largement décrite dans la littérature, notamment pour les hydrocéphalies congénitales, où la distension ventriculaire peut être présente dès les premiers jours de vie (177). Ces résultats soulignent l'importance du dépistage néonatal ciblé, en particulier chez les nouveau-nés à risque (porteurs de spina bifida, anomalies cérébrales détectées en anténatal, prématurité sévère), afin de limiter les retards diagnostiques et leurs répercussions sur le développement neurocognitif. (63)

14. Etiologies de l'hydrocéphalie : prédominance des formes malformatives

L'analyse des causes d'hydrocéphalie dans la population étudiée révèle une nette prédominance des formes malformatives, identifiées chez 148 patients, soit 72,9 % des cas. Cette catégorie inclut les malformations du système nerveux central telles que le spina bifida, la sténose de l'aqueduc de Sylvius, le syndrome de Chiari II, ou encore les encéphalocèles.

Les formes post-infectieuses occupent la seconde position avec 39 cas (19,2 %), traduisant l'impact des méningites néonatales, ventriculites ou autres encéphalopathies infectieuses périnatales, particulièrement fréquentes dans les pays à ressources limitées. Les étiologies tumorales sont moins représentées (8,9 %, soit 18 cas), et sont généralement secondaires à des tumeurs obstructives situées dans la région ventriculaire ou périventriculaire, telles que les épendymomes ou les médulloblastomes.

Dans 4 cas (2,0 %), une association entre malformation et épisode infectieux a été retrouvée, illustrant la complexité de certains tableaux où un terrain neurologique vulnérable est aggravé par une surinfection. Ce chevauchement étiologique est bien documenté dans les séries pédiatriques et souligne la nécessité d'une évaluation complète intégrant antécédents, données cliniques, et imagerie(178) .

La nette prédominance des formes malformatives est cohérente avec les données rapportées dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, où la prévention périnatale des anomalies du tube neural reste limitée (164). Cette distribution étiologique oriente la stratégie diagnostique et thérapeutique, en insistant sur le rôle central de l'imagerie neuroradiologique (IRM ou échographie transfontanellaire), du dépistage prénatal, ainsi que de la prévention des infections néonatales évitables.

15. La répartition saisonnière

La répartition saisonnière des mises en place de dérivations ventriculo-péritonéales montre une **distribution relativement équilibrée**, avec cependant une **fréquence plus élevée en hiver et en automne**. Cette tendance pourrait s'expliquer par une **augmentation des complications infectieuses hivernales** susceptibles de décompenser une hydrocéphalie préexistante ou de favoriser la survenue d'hydrocéphalies post-infectieuses, mais également par des facteurs organisationnels ou contextuels. Toutefois, la **différence entre les saisons reste modérée**, ce qui suggère une **incidence relativement constante** tout au long de l'année, avec un léger pic en périodes froides. Une analyse plus poussée pourrait explorer d'éventuelles corrélations entre saisonnalité et type d'étiologie (malformative, infectieuse, etc.). En effet, plusieurs études ont rapporté un lien entre saisonnalité et fréquence des infections du système nerveux central, notamment chez les nouveau-nés et nourrissons(179)

16. Côté d'implantation de la dérivation : prédominance du cote droit

La mise en place de la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) a été réalisée majoritairement du côté droit, avec 188 cas, soit 92,6 % de l'ensemble des interventions. Le côté gauche n'a été utilisé que chez 15 patients (7,4 %). Ce net déséquilibre en faveur du côté droit reflète probablement les préférences opératoires des neurochirurgiens, souvent droitiers, ainsi que des considérations techniques liées à l'anatomie et à la configuration ventriculaire.

Le choix du côté d'implantation peut également être influencé par la présence d'anomalies locales (hématome, malformation, antécédents chirurgicaux), la latéralisation de la pathologie ou les habitudes du centre opérateur. Cette préférence pour l'hémicrâne droit est d'ailleurs bien documentée dans la littérature comme standard technique dans de nombreux services de neurochirurgie pédiatrique. Ainsi, la standardisation de l'abord droit dans cette série apparaît comme une pratique courante, bien que le côté gauche reste une alternative viable selon les spécificités cliniques individuelles (180).

17. Complications post-opératoires : fréquence et temporalité

Parmi les 203 patients ayant bénéficié d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), 89 (43,8 %) ont présenté au moins une complication post-opératoire, tandis que 114 (56,2 %) n'en ont présenté aucune. Ce taux de complications, proche de 44 %, est conforme aux données de la littérature, qui rapportent des taux allant de 30 à 50 % dans les cohortes pédiatriques, notamment en raison de la fréquence des infections, obstructions, migrations ou dysfonctionnements de valve (178,181)

L'analyse des délais entre la chirurgie et la survenue des complications montre un délai moyen de 5,10 mois, avec une médiane à 2,6 mois. Cette répartition suggère une survenue majoritairement précoce, bien que l'écart-type élevé (9,37 mois) et la large amplitude (de 0,03 à 69,7 mois) traduisent une grande hétérogénéité, avec certaines complications apparaissant tardivement. Cette variabilité souligne l'importance d'un suivi structuré à long terme, combinant surveillance clinique, neuro-imagerie, et examens de valve si nécessaire (127)

Une analyse des délais par année met en évidence une tendance à l'allongement progressif de la durée avant survenue des complications : le délai moyen est passé de 2,26 mois en 2019 à 7,74 mois en 2023. Cette évolution pourrait traduire une meilleure qualité des matériels utilisés, une amélioration des techniques chirurgicales, ou un raffinement du suivi post-opératoire permettant de retarder la détection des complications. En 2024, bien que le nombre de cas soit faible, le délai moyen reste élevé (6,76 mois).

Cependant, le test de Kruskal-Wallis appliqué à la comparaison interannuelle des délais ne retrouve pas de différence statistiquement significative ($p = 0,206$; $dl = 5$), ce qui pourrait s'expliquer par la dispersion élevée des données et l'inégalité des effectifs annuels. Cette observation confirme que les complications peuvent survenir aussi bien précocement que tardivement, imposant une vigilance continue et durable après implantation d'un shunt ventriculaire.

18. Influence de la saisonnalité sur le délai de survenue des complications

Dans cette étude, l'analyse des délais moyens entre la chirurgie de dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) et la survenue des complications selon les saisons n'a pas mis en évidence de différence statistiquement significative ($p = 0,320$). Le test de Kruskal-Wallis a confirmé l'absence d'association robuste, suggérant que la saison de réalisation de la chirurgie ne constitue pas un facteur déterminant du délai de complication dans cette cohorte pédiatrique.

Cependant, la tendance observée — un délai moyen plus long durant l'été (8,97 mois) — soulève des hypothèses intéressantes. Certaines études ont rapporté des variations saisonnières dans les taux d'infections nosocomiales, en particulier durant les périodes estivales, en lien avec des pics de température et une moindre efficacité des protocoles de stérilisation ou de surveillance en période de sous-effectif hospitalier (182,183).

Une étude menée par Anthony et al. (2010) a montré une augmentation du risque d'infections post-opératoires pendant les mois d'été, notamment dans les services de chirurgie pédiatrique, en raison de modifications de la flore bactérienne et de l'exposition accrue à des agents pathogènes environnementaux (183). De même, Kestle et al. ont souligné l'importance du contexte hospitalier et du timing opératoire dans l'incidence des complications liées aux shunts chez l'enfant (184).

Enfin, il convient de noter que la majorité des études antérieures sur les complications des DVP ne prennent pas en compte la variable saisonnière. Cette lacune souligne l'intérêt de futurs travaux épidémiologiques multicentriques visant à explorer cette dimension, notamment dans des contextes tropicaux ou à forte variabilité climatique, où les facteurs environnementaux pourraient jouer un rôle plus marqué.

19. Complications observées après DVP

L'analyse des types de complications survenues chez les patients porteurs de dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) dans cette série met en évidence une prépondérance des complications mécaniques (49,4 %) et infectieuses (48,3 %), représentant à elles seules plus

de 97 % des événements indésirables. Ces proportions sont concordantes avec les données de la littérature, où les complications mécaniques et infectieuses constituent les principales causes d'échec des systèmes de dérivation, particulièrement en population pédiatrique (6,3).

Les complications mécaniques englobent un spectre large, incluant les obstructions proximales ou distales, les ruptures de cathéter, les migrations, ou encore les déconnexions. Tuli et al. ont montré que jusqu'à 40 % des révisions de shunt sont motivées par des défaillances mécaniques, souvent précoces et récurrentes chez les nourrissons (3). De même, une étude multicentrique du Hydrocephalus Clinical Research Network (HCRN) a rapporté que l'obstruction est la première cause de réintervention dans les six mois suivant l'implantation initiale (155).

Les complications infectieuses, représentant 21,2 % de l'ensemble des patients de cette cohorte, sont également bien documentées comme cause majeure de morbidité, avec des taux allant de 8 à 20 % selon les séries et les protocoles de prévention appliqués (53). Les infections sont généralement secondaires à une contamination peropératoire, un défaut d'asepsie au point d'émergence du cathéter, ou une colonisation ascendante. Le risque est particulièrement élevé chez les jeunes enfants, notamment les prématurés ou les nourrissons présentant un terrain immunodéprimé (160).

Parmi les complications moins fréquentes mais cliniquement significatives figurent la mise à nue de la chambre sous-cutanée (5,4 % des DVP), l'occlusion intestinale (4 %), les fuites de LCR, ou encore l'hyperdrainage. Ces situations, bien que minoritaires, nécessitent souvent des gestes chirurgicaux correcteurs et peuvent compromettre le pronostic à long terme. L'hyperdrainage, en particulier, est une complication redoutée pouvant entraîner un syndrome de ventricules fentes, des collections sous-durales, voire une microcéphalie secondaire (6,185).

En complément des aspects mécaniques et infectieux, une analyse des **paramètres biologiques** chez les patients infectés apporte des éléments supplémentaires d'orientation diagnostique.

Parmi les 43 patients ayant présenté une complication infectieuse après implantation d'une dérivation ventriculo-péritonéale, les signes biologiques les plus fréquemment observés ont été une fièvre (n = 37 ; 41,6 % des cas) et une hyperleucocytose (n = 35 ; 39,3 %), évocatrices d'un syndrome inflammatoire aigu. Ces manifestations constituent des éléments classiques du tableau clinique des infections liées au shunt, en particulier lorsqu'elles sont associées à des signes neurologiques ou à une altération de l'état général (160).

La fièvre est souvent le premier signe d'appel d'une infection de shunt, et sa présence, surtout lorsqu'elle survient dans les semaines suivant la pose ou la révision du système, doit motiver une évaluation clinique et biologique rapide (186). L'hyperleucocytose, quant à elle, traduit une réponse inflammatoire systémique, fréquemment corrélée à une méningite bactérienne secondaire ou à une infection de la chambre de dérivation (64).

Ces anomalies biologiques, bien qu'isolées, prennent une valeur diagnostique accrue lorsqu'elles sont associées à des données cliniques évocatrices (céphalées, vomissements, altération de la vigilance) ou à des données radiologiques compatibles. Il convient toutefois de souligner que **leur absence n'exclut pas le diagnostic d'infection**, notamment chez les nourrissons, les patients immunodéprimés ou en cas d'infections à germes atypiques ou à faible virulence. Ainsi, une fièvre isolée sans hyperleucocytose peut également correspondre à une infection active. Ces formes pauci-symptomatiques justifient une grande vigilance clinique, et renforcent le rôle central de la ponction lombaire ou ventriculaire pour confirmation microbiologique.

Par ailleurs, la surveillance de l'évolution des paramètres biologiques permet non seulement d'évaluer l'efficacité du traitement antibiotique instauré, mais aussi d'orienter la décision de retrait ou de révision du système de dérivation, notamment en cas de persistance du syndrome inflammatoire malgré une antibiothérapie adaptée (53).

La corrélation entre ces perturbations biologiques et la survenue d'infections de shunt est bien documentée dans la littérature, et justifie une prise en charge protocolisée fondée sur une approche combinant évaluation clinique, analyses biologiques, et prélèvements de LCR (187).

20. Prise en charge des complications liées aux dérivations ventriculo-péritonéales

Les résultats de cette étude montrent que la majorité des complications survenues chez les patients porteurs de dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) ont nécessité une intervention chirurgicale. Une **révision du système de dérivation** a été pratiquée chez 75 patients (36,9 % de la cohorte totale), ce qui est conforme aux données de la littérature, où les taux de réintervention après DVP varient entre **30 et 50 %** au cours de la première année postopératoire, en particulier chez les nourrissons et les enfants présentant des étiologies complexes d'hydrocéphalie (3,155).

Les réinterventions multiples observées dans cette série — jusqu'à cinq reprises pour un même patient — traduisent la **récidive fréquente des dysfonctionnements de shunt**, en lien avec des facteurs pédiatriques spécifiques tels que l'immaturation des tissus, la croissance crânienne rapide ou les infections répétées (160).

L'**ablation complète de la valve** a été nécessaire chez 34 patients (16,7 %), essentiellement en contexte d'infection avérée. Cette stratégie est soutenue par les recommandations actuelles, qui préconisent le retrait total du matériel en cas de colonisation bactérienne, associé à un traitement antibiotique adapté avant toute éventuelle reconstitution du système (53,187).

Un seul cas (0,5 %) a nécessité la mise en place d'un **drainage ventriculaire externe (DVE)**. Ce taux exceptionnellement bas ne traduit pas une rareté des indications mais **résulte principalement d'une indisponibilité matérielle liée à une rupture de stock dans l'établissement** au moment de la prise en charge. Le DVE constitue pourtant une **option thérapeutique essentielle**, notamment en cas d'infection active, de sepsis ou d'impossibilité de reposer immédiatement une dérivation interne. Il permet un drainage temporaire du LCR dans un environnement contrôlé, en attendant la stérilisation du LCR ou une réimplantation différée du shunt (184).

Ce contexte met en lumière les **contraintes logistiques et structurelles** qui peuvent influencer la stratégie de prise en charge des complications, en particulier dans les hôpitaux à ressources limitées.

21. Facteurs associés aux complications post-DVP

- Prévalence et caractéristiques générales :

Dans cette étude, **43,8 %** des patients ont présenté au moins une complication après la mise en place d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP). Ce taux est conforme aux données de la littérature, où les complications post-DVP sont rapportées dans **30 à 50 %** des cas, particulièrement en population pédiatrique (3,184). Ces complications sont principalement infectieuses et mécaniques, représentant ensemble plus de 97 % des cas dans notre série.

- Facteurs cliniques et démographiques associés :

Une association significative a été retrouvée entre l'**âge** au moment de l'intervention et la survenue des complications, en particulier chez les nourrissons de moins de 6 mois ($p = 0,005$). Ce constat est cohérent avec les études de Tuli et al. et McGirt et al., qui identifient l'âge jeune comme un facteur de risque majeur de défaillance du shunt (3,160).

Le **sexe** n'a pas montré d'influence significative ($p = 0,35$), ce qui confirme les résultats d'études multicentriques comme celles du Hydrocephalus Clinical Research Network (HCRN), qui ne retrouvent pas de lien robuste entre le sexe et les issues postopératoires (188).

- Facteurs socio-économiques et éducatifs

Un niveau d'instruction **bas du père** est significativement associé à un risque accru de complications ($p = 0,0161$), ce qui pourrait refléter des **inégalités d'accès à l'information médicale, à l'observance des consignes post-opératoires** ou aux soins spécialisés. Cette donnée souligne l'impact des déterminants sociaux sur les résultats médicaux, comme déjà discuté dans plusieurs études sur les populations vulnérables (64).

Signes cliniques et présentation initiale

Certains **signes cliniques** sont fortement associés aux complications : la **disjonction des sutures** ($p = 0,0009$), la **circulation veineuse collatérale** ($p = 0,0009$), la **peau fine** ($p =$

0,0029), le **regard en coucher de soleil** ($p = 0,0029$), et le **déficit moteur** ($p = 0,0296$). Ces éléments traduisent une **pression intracrânienne élevée persistante ou un retentissement neurologique**, facteurs fréquemment retrouvés dans les cas d'échec ou de dysfonctionnement de DVP (186).

- Paramètres techniques : type de valve, imagerie, et année d'implantation
 - Discussion des complications selon la marque de la valve

L'analyse des données de cette étude n'a pas mis en évidence de différence significative dans le **taux global de complications** post-opératoires en fonction de la marque de la valve utilisée pour la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP). En effet, le taux de complications est similaire entre les valves de marque **MED** (43,9 %) et les autres marques (43,5 %), avec une valeur p non significative ($p = 0,9549$). Ces résultats suggèrent que le choix de la marque de valve, en tant que facteur isolé, n'est pas déterminant dans la survenue globale des complications post-opératoires.

Cependant, certaines analyses spécifiques révèlent des tendances intéressantes. Les **complications infectieuses** apparaissent significativement plus fréquentes chez les patients implantés avec des valves MED (24,8 %) par rapport aux autres marques (10,9 %, $p = 0,0431$). Ce résultat est cohérent avec les données de la littérature, qui rapportent des taux d'infection variant de 3 à 25 % selon les séries et les contextes opératoires. Toutefois, il convient de rester prudent dans l'interprétation, car les infections sont des complications multifactoriales, souvent influencées davantage par des facteurs extrinsèques tels que le contexte chirurgical, le respect des protocoles d'asepsie, le terrain du patient (prématurité, spina bifida, immunodépression), et non exclusivement par la marque de la valve.

En ce qui concerne les **complications mécaniques**, une différence significative a été observée : les valves **HP** sont associées à un taux plus élevé de complications mécaniques (38,9 %) par rapport aux autres marques (17,5 % ; $p = 0,0044$). Ces résultats soulignent une vulnérabilité accrue de certains modèles de valves à des dysfonctionnements mécaniques, pouvant s'expliquer par des caractéristiques techniques propres (rigidité des matériaux, conception du

système de régulation de pression, sensibilité à l'obstruction). Néanmoins, il est important de rappeler que d'autres études, notamment celles de Tuli et(3), n'ont pas retrouvé de différence significative entre les marques de valve en termes de taux de dysfonctionnement, ce qui suggère l'influence probable d'autres variables confondantes.

Le taux d'**hyperdrainage** a été significativement plus élevé dans le groupe des valves **SOPH** (50 %), mais ce résultat repose sur un effectif très limité (2 patients seulement), ce qui ne permet pas de tirer de conclusion généralisable. La taille réduite des sous-groupes, notamment pour les valves SOPH et DESU, constitue d'ailleurs une des principales limites de cette analyse. Elle expose à un **risque élevé d'erreurs de type I** (faux positifs) dans un contexte de multiples comparaisons sans ajustement statistique (effet d'inflation alpha).

D'autres types de complications (occlusion, écoulement de LCR, mise à nue du cathéter, déconnexion) n'ont pas montré de différence significative selon la marque de la valve. De même, le **nombre de révisions chirurgicales** n'est pas significativement différent entre les marques (moyenne de 1,6 pour les valves MED, 1,53 pour les valves HP), ce qui confirme l'absence d'association forte entre la marque et le risque de dysfonctionnement nécessitant une réintervention.

Ces résultats confirment les données de la littérature selon lesquelles le choix de la marque de la valve n'est qu'un des nombreux facteurs à prendre en compte dans la prévention des complications post-opératoires. La complexité des situations cliniques en neurochirurgie pédiatrique impose une approche globale et individualisée, intégrant le profil du patient, la nature de l'hydrocéphalie (malformative, infectieuse, tumorale), la technique opératoire, la prophylaxie antibiotique, et le suivi post-opératoire rigoureux.

Bien que des différences statistiques aient été relevées pour certaines complications spécifiques (infections et complications mécaniques), ces résultats doivent être interprétés avec prudence, compte tenu de la taille inégale des sous-groupes et de la multiplicité des tests réalisés. Des études multicentriques, avec des effectifs plus importants et des méthodologies standardisées, seraient nécessaires pour confirmer ou infirmer l'existence d'un lien robuste entre la marque de la valve et le risque de complications post-DVP.

- La **réalisation d'un scanner cérébral (TDM)** est significativement plus fréquente chez les patients ayant présenté une complication ($p = 0,0355$). Ce résultat peut toutefois traduire un biais de causalité inverse, les patients compliqués étant plus souvent explorés en post-opératoire.
- Aucune association significative n'a été retrouvée entre la survenue de complications et l'**année de l'intervention**, la **saison**, ou le **type d'accouchement**, ce qui indique une stabilité des résultats dans le temps, indépendamment du contexte de soins.
- Rang dans la fratrie et antécédents prénataux

Le **rang de naissance ≥ 2** est associé à un risque accru de complication ($p = 0,0451$), ce qui pourrait refléter une attention différente accordée aux enfants dans les familles nombreuses ou un biais socio-économique indirect.

Par ailleurs, une **pathologie maternelle durant la grossesse** est également significativement associée aux complications ($p = 0,0282$), ce qui peut correspondre à un terrain biologique ou un contexte de vulnérabilité foetale accrue.

- Corrélations spécifiques aux types de complications
 - Les **complications infectieuses** sont associées à un âge plus jeune (âge moyen de 6,28 mois, $p = 0,055$) et une fréquence plus élevée de **fièvre** ($p = 0,017$).
 - L'**hyperdrainage** est statistiquement associé à la **marque de la valve SOPH** ($p = 0,0029$), bien que le faible effectif appelle à la prudence dans l'interprétation.
 - Aucune autre corrélation significative n'a été observée entre les types spécifiques de complications et les variables cliniques, sociales ou techniques, bien que certaines tendances soient notées.

Cette analyse met en évidence plusieurs **facteurs de risque significatifs** de complications post-DVP chez l'enfant, en particulier l'âge jeune, certains signes cliniques à l'admission, un

niveau d'instruction parental bas, et certaines caractéristiques techniques du matériel implanté. Ces résultats plaident en faveur d'une **stratégie de prévention ciblée**, incluant :

- Une **sélection rigoureuse du matériel**,
- Un **renforcement du suivi post-opératoire** chez les nourrissons,
- Une **prise en compte des déterminants sociaux** dans l'organisation des soins.

22. Mortalité après dérivation ventriculo-péritonéale

Dans cette série de 203 patients ayant bénéficié d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP), **16 décès ont été enregistrés**, soit un **taux de mortalité de 7,8 %**. Ce chiffre, bien que relativement modéré, reste préoccupant au regard des progrès techniques et de la précocité du diagnostic. Ce taux est **comparable à certaines séries pédiatriques africaines ou asiatiques**, où les taux de mortalité oscillent entre 5 % et 15 %, en fonction de l'étiologie, des conditions de prise en charge, et de l'accès aux soins .(189,190)

Facteurs démographiques associés à la mortalité

La mortalité dans cette cohorte montre une **prédominance masculine** (68,8 %), avec une sex-ratio H/F de 2,2. Bien que cette différence ne soit pas systématiquement retrouvée dans toutes les études, certaines séries suggèrent un **risque accru de complications sévères ou d'issue défavorable chez les garçons**, notamment en lien avec la fréquence plus élevée de certaines anomalies congénitales comme le spina bifida (174).

L'**âge moyen au moment du décès était de 12,8 mois**, avec une médiane de 4 mois, traduisant une **surmortalité en période néonatale et post-néonatale précoce**. Ce constat est cohérent avec les études montrant une **vulnérabilité accrue des nourrissons aux complications infectieuses et mécaniques**, du fait de la fragilité des tissus, du volume cérébral réduit, et des difficultés d'évaluation clinique (155,184).

Étiologies et formes cliniques associées aux décès

Parmi les patients décédés, **75 % présentaient une hydrocéphalie d'origine malformative**, avec une prédominance des formes tétraventriculaires (56,25 %). Ce type d'hydrocéphalie est souvent associé à des **malformations cérébrales complexes, un retentissement neurologique sévère**, et un risque élevé de récurrence de complications, ce qui en fait un facteur de mauvais pronostic reconnu (7).

La moitié des enfants décédés étaient porteurs d'un **spina bifida**, une association bien connue avec les formes complexes d'hydrocéphalie, notamment dans le cadre d'un syndrome de Chiari II. Ces patients sont également plus exposés aux infections en raison des anomalies cutanées et des hospitalisations répétées (191).

Rôle des complications et du matériel utilisé

Parmi les 16 patients décédés, la **complication infectieuse est de loin la plus fréquente**, survenant dans **56,25 % des cas**. Ce constat est en adéquation avec les données de la littérature, où l'infection du shunt est identifiée comme **la principale cause de mortalité évitable** en neurochirurgie pédiatrique (53). Le délai moyen de survenue des complications fatales était de **3,33 mois** après la chirurgie, avec une médiane à **2,11 mois**, ce qui confirme la **période critique des premiers mois post-opératoires**, durant laquelle la surveillance doit être particulièrement renforcée.

La mortalité post-DVP observée dans cette étude est multifactorielle : elle combine des facteurs liés à l'âge, au terrain (malformations, spina bifida), à l'étiologie de l'hydrocéphalie, à la nature des complications, et possiblement au type de matériel implanté. Ces résultats soulignent l'importance d'un **dépistage néonatal précoce**, d'un **suivi rapproché en période post-opératoire**, et d'une **standardisation des choix techniques**, notamment en matière de sélection de valves et de protocoles de prévention des infections.

23. Analyse multivariée des facteurs prédictifs des complications et de la mortalité après dérivation ventriculo-péritonéale chez l'enfant

1-Facteurs prédictifs des complications

L'analyse de régression logistique multivariée a mis en évidence deux facteurs indépendamment associés à un risque accru de complications après la mise en place d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) chez l'enfant :

- **Circulation veineuse collatérale (CVC)** : Les patients présentant une CVC avaient un risque significativement accru de complications (OR = 2,47 ; IC 95 % : 1,07–5,73 ; $p = 0,0346$). Ce signe clinique peut refléter une hypertension intracrânienne chronique, prédisposant à des dysfonctionnements du shunt. Des études antérieures ont également identifié l'hypertension intracrânienne comme un facteur de risque de complications post-DVP(192)
- **Affection maternelle pendant la grossesse** : Les enfants dont les mères ont présenté une affection pendant la grossesse avaient un risque accru de complications (OR = 2,84 ; IC 95 % : 1,06–7,56 ; $p = 0,0371$). Ce résultat souligne l'importance des facteurs prénataux dans la survenue de complications post-opératoires. Des recherches ont montré que les conditions prénatales défavorables peuvent influencer négativement les résultats des interventions neurochirurgicales chez les enfants(193)

Les autres variables incluses dans le modèle, telles que l'âge, le déficit moteur, la présence d'un encéphalocèle, le spina bifida et le périmètre crânien, n'ont pas atteint le seuil de significativité, bien que certaines aient montré des tendances intéressantes. Par exemple, le spina bifida est souvent associé à des complications post-DVP, mais dans cette étude, il n'a pas été identifié comme un facteur prédictif indépendant .

2-Facteurs prédictifs de la mortalité

L'analyse multivariée a révélé qu'un **taux d'hémoglobine bas** était significativement associé à un risque accru de mortalité (OR = 4,75 ; IC 95 % : 1,12–20,15 ; $p = 0,0347$). L'anémie peut refléter un état nutritionnel précaire ou des comorbidités sous-jacentes, augmentant la vulnérabilité des patients aux complications sévères. Des études ont montré que l'anémie est un facteur de risque de mortalité chez les enfants atteints d'hydrocéphalie(194)

Les autres variables, telles que la survenue de complications post-opératoires, la présence de CVC, la fièvre et un taux élevé de globules blancs, n'ont pas atteint la significativité statistique, bien que certaines aient montré des tendances suggérant une association avec la mortalité. Par exemple, la fièvre, souvent indicatrice d'infection, est un facteur bien établi de mortalité dans cette population .

Le modèle global était hautement significatif (test du score : $p < 0,0001$; test du rapport de vraisemblance : $p = 0,0002$), indiquant que l'ensemble des variables incluses contribue de manière significative à l'explication de la mortalité dans cette population.

Cette analyse multivariée met en évidence l'importance de la surveillance clinique attentive des signes tels que la circulation veineuse collatérale et la prise en compte des antécédents maternels pendant la grossesse pour prévenir les complications post-DVP. De plus, le dépistage et le traitement de l'anémie chez les patients pédiatriques atteints d'hydrocéphalie pourraient réduire le risque de mortalité. Ces résultats soulignent la nécessité d'une approche multidisciplinaire intégrant les facteurs cliniques, biologiques et sociaux pour améliorer les résultats chez ces patients.

L'hydrocéphalie pédiatrique représente un défi majeur en neurochirurgie, et la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) demeure la principale option thérapeutique malgré un taux significatif de complications. Cette discussion vise à replacer les résultats obtenus dans notre étude dans le contexte des données de la littérature, en analysant les similarités, les divergences et les perspectives d'amélioration.

Ce qui va nous permettre in fine à mettre en place un algorithme décisionnel pouvant orienter le praticien pour lui permettre de prédire les complications à venir en analysant les données médicales de son patient, ainsi ça lui permettrait d'anticiper les complications et faire baisser la morbi mortalité de cette affection couramment rencontrée en neurochirurgie.

Il faut souligner que la littérature médicale s'intéresse à cette maladie depuis des années, d'ailleurs plusieurs études épidémiologiques ont été menées à travers le monde afin de documenter la question des facteurs prédictifs des complications des dérivations ventriculo-péritonéales chez les enfants souffrant d'hydrocéphalie.

Les données médicales sur la dysfonction de valves demeurent quant à elles, fragmentaires. Elles concernent surtout quelques paramètres épidémiologiques, et surtout des études rétrospectives.

Durant la période d'étude, nous avons pris en charge 204 patients sur un total de 4587 patients ; ceci représente environ 5% de l'ensemble de l'activité du service de neurochirurgie CHU Annaba.

Généralement, l'incidence de l'hydrocéphalie est identique dans les deux sexes sauf dans le syndrome de Bicker-Adam qui est transmis de façon mendélienne récessive lié au chromosome X. Ce gène transmis par le sexe féminin se manifeste seulement dans le sexe masculin. (178,195) Dans notre étude, y 'a pas de prédominance de sexe un sex ratio de 1,01 avec 103 garçon et 101 fille comme dans l'étude de IA. Anderson avec un sex ratio de 1,2 à prédominance masculine (196) alors que d'autres études ont trouvé une prédominance féminine (197). Dans notre étude, la moyenne d'âge est de 14,8 mois et 5 mois d'âge médian similaire à l'étude de Salem en Mauritanie, l'âge moyen au diagnostic était aussi de 5 mois [3] et l'étude de Tapsoba où l'âge moyen est de 8,75 mois (198).

La majorité de nos patients viennent de la wilaya de Annaba suivi de près de la wilaya de Skikda, après Guelma et El Taref ceci est dû à la proximité du CHU Annaba qui a pour vocation d'être un centre régional réputé pour la prise en charge des enfants malades

La majorité des patients ont des parents avec un niveau de d'instruction moyen voir bas qui avec un niveau de revenu proche de smic ce qui qui est très insuffisant et corrèle avec l'étude de Sidi Salem-Memou qui retrouve dans 80% un niveau socio-économique bas (197,199)

La majorité de nos patients sont les premiers dans la fratrie avec presque 40% suivie par deuxièmes et troisièmes qui représentent presque 25% et les autres sont plus rares Bien que l'ordre de naissance ait été étudié en relation avec diverses conditions médicales, aucune preuve scientifique ne soutient une association spécifique avec l'hydrocéphalie.

Dans certains cas, le diagnostic étiologique de la méningite peut être perturbé si celle-ci est décapitée par un traitement antibiotique pour traiter une infection intercurrente. Ces hydrocéphalies peuvent être contemporaines de la phase aiguë ou survenir après une méningite apparemment guérie, surtout chez le nourrisson par blocage des espaces sous-arachnoïdiens et des citernes de la base. Dans notre étude 3 enfants soit 3,30% ont souffert de méningite avant la survenue de l'hydrocéphalie dont les germes n'ont pas été identifiés. Dans une étude réalisée en Côte d'Ivoire (200)l'hydrocéphalie représentant 54% des complications neurochirurgicales des méningites purulentes. Les infections néonatales représentent une cause majeure de morbidité et de mortalité chez les nouveau-nés, en particulier dans les pays en développement. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), elles sont responsables de près de 30 à 40 % de la mortalité néonatale dans ces régions. Les facteurs contribuant à ce taux élevé incluent le manque de suivi prénatal adéquat et l'accès limité aux soins de santé.

Dans notre étude la majorité des mère avait un suivie de grossesse 98% et 11% ont eu un affection pendant la grossesse

L'augmentation des apports en acide folique à un taux de 0.4 mg par jour en période péri conceptionnelle entraîne une diminution de moitié de l'incidence des anomalies de fermeture du tube neural. Cette supplémentation doit commencer 28 jours avant la conception et se poursuivre jusqu'à 12 semaines de gestation à la dose de 400 microgrammes par jour, il est recommandé de prescrire l'acide folique dès la connaissance de celle-ci. Dans notre étude, 8 femmes soit 8,79% ont suivi les CPN et 7 femmes 7,67% reconnaissent avoir pris l'acide folique pendant la grossesse mais aucune de 7 n'en a pris au cours du premier trimestre de grossesse.

L'augmentation du périmètre crânien est le maître symptôme de la pathologie chez l'enfant retrouvé par plusieurs auteurs. Cette augmentation est un mécanisme érigé par la voute crânienne de l'enfant, grâce à l'absence de fermeture de ses fontanelles, pour diminuer la pression intracrânienne. Elle peut être symétrique ou asymétrique (concerne la FCP en cas de malformation Dandy Walker - unilatérale en cas de la sténose d'un trou de Monro ou avec saillie frontale en cas de sténose de l'aqueduc de Sylvius) [12-14]. Elle peut être isolée ou accompagnée des perturbations neurologiques qu'il faut chercher par l'interrogatoire et l'examen clinique. Dans notre étude, tous nos patients présentaient une augmentation du périmètre crânien dont 54,95% une augmentation inférieure à 25% et 9,89% une augmentation supérieure à 50%.

L'augmentation du périmètre crânien reste le symptôme majeur de l'hydrocéphalie. Il existe inconstamment des signes discrets d'hypertension intracrânienne à type de tension de la fontanelle, de rétraction de la paupière supérieure. Ainsi dans notre série, 112 patients soit 55% avaient une fontanelle antérieure bombée et 27% présentaient une dilatation des veines épicroâniennes. Notre étude se rapproche des résultats de plusieurs études menées dans le monde (200) L'enfant est souvent en pleurs et tonus axial, au début diminué, se trouve rapidement renforcé avec une hyper extension des membres inférieurs. Les troubles du comportement sont secondaires à la souffrance cérébrale qui est responsable du retard psychomoteur chez le nouveau-né et le nourrisson(33). En ce qui concerne les signes d'HTIC, le petit enfant peut compenser une augmentation du volume intracrânien sans augmentation de la pression intracrânienne car les fontanelles sont ouvertes et les sutures non soudées, ce

qui permet l'accroissement du PC. En revanche, quand l'augmentation de la pression intracrânienne survient, elle est beaucoup plus brutale que chez l'adulte car les espaces de résorption du LCR sont de faible volume. Les signes neurologiques sont dominés par la régression des acquisitions psychomotrices (perte de la station assise, la tenue de la tête et la station debout) chez la moitié des malades (201).

Dans notre série, les signes neurologiques étaient présents chez 193 patients (95%) dominés par le difficulté de marcher chez 27 patients soit 29,67% et se rapprochent des études de Sidi Salem en Mauritanie où les troubles psychomoteurs représentaient 35,7% (197) Le regard en coucher de soleil est un signe très fréquent, les globes oculaires basculent vers le bas sous l'effet de l'hyperpression qui s'exerce sur le toit des orbites, mais aussi sous l'effet de la paralysie de la verticalité du regard ou syndrome de Parinaud, ce qui permet de voir largement la cornée au-dessus de l'iris en partie masquée par la paupière inférieure. Le strabisme convergent souvent observé, est rapporté à une atteinte du sixième nerf crânien par hypertension. La baisse de l'acuité visuelle est difficile à dépister chez les nourrissons, seule l'absence de la poursuite oculaire ou la présence de mouvements désordonnés des yeux sont évocateurs d'une amblyopie grave qui peut être la conséquence d'une atrophie optique secondaire à l'hydrocéphalie évoluée de diagnostic trop tardif. (202) Dans notre étude, 53 enfants soit 26% présentaient un regard en coucher de soleil alors que Salem lui trouve 35,7% d'enfant avec regard en coucher de soleil (197)

La tomodensitométrie est l'examen fondamental qui permet d'affirmer la dilatation des ventricules, de la mesurer avec précision, d'apprécier son caractère global ou segmentaire, tri- ou tetraventriculaire, orientant ainsi la recherche étiologique et la demande d'autres investigations. Le risque d'irradiation est modeste mais ne doit pas être négligé : la toxicité pour le cristallin, par exemple, apparaît à partir du quinzième examen. L'examen sans injection est le plus souvent suffisant, mais l'injection intraveineuse de produit iodé est parfois indispensable pour rechercher une malformation vasculaire ou une tumeur, en préciser la localisation par rapport aux structures méningées et vasculaires. Aux coupes obliques selon le plan orbito-méatal, ou horizontales, parallèles à l'axe des voies optiques, il peut être utile d'adjoindre des coupes coronales, , pour l'étude de lésions profondes sus-tensorielles, et

parfois sagittales, utiles dans les lésions de la fosse postérieure et de la ligne médiane (200) Dans notre étude la TDM cérébrale été réalisé chez 185 patients soit 91%, l'IRM a été réalisée chez 104 patients soit 50% de nos patients .

L'hydrocéphalie tétra ventriculaire était présente chez 35% de nos patients et suivi de la sténose de l'aqueduc de Sylvius chez 62% de nos patients par contre dans l'étude de Sadi Salem la sténose de l'aqueduc de Sylvius a représenté 11,9% (203) La DVP est le traitement habituel de l'hydrocéphalie .(204) Cette modalité thérapeutique a largement acquis ses lettres de noblesse mais n'a pas résisté à l'expansion de la ventriculo cisterno stomie endoscopique (VCS) dans les indications spécifiques telles que la sténose de l'aqueduc de Sylvius. Son but est de drainer le LCS depuis le 3^e ventricule vers les citernes de la base du crâne. Elle est largement utilisée chez l'adulte et l'enfant. Son avantage est d'éviter les risques infectieux et mécaniques liés à l'implantation d'une prothèse. Le traitement idéal est celui de la cause quand il est accessible : exérèse d'une tumeur, traitement d'une malformation vasculaire, levée d'un obstacle au retour veineux. L'hydrocéphalie installée peut évoluer pour son propre compte, même après traitement de la cause. C'est pourquoi un geste de dérivation est habituellement nécessaire .(7)

Dans notre étude, tous les patients avaient subi une dérivation ventriculo péritonéale et une antibioprophylaxie faite du cefotaxime.

Quatre patients ont été réopérés soit 4,39 % après déconnexion du drain. La DVP était également la seule technique chirurgicale utilisée dans l'étude menée par Tutukyona à Kinshasa [6]. Dans la série de Laeke en Ethiopie, 74,7% des patients ont subi une DVP et 23,3% ont subi VCE, une antibioprophylaxie faite de ceftriaxone et 52,4% ont été réopéré pour échec du shunt [5]. Dans les études de Warf en Ouganda en 2005 et beaucoup d'autres, la VCE avait été aussi réalisée [14,23,26]. La VCE était préférée chez le nourrisson dans l'étude de Salem (74,1%) alors que la DVP elle était préférée chez le nouveau-né [3]. Dans notre étude, 8,79% des patients ont présenté une infection au site opératoire et 4,40% de complication mécanique.

Nos résultats paraissent bons comparés à ceux de: Tutukyona à Kinshasa avec un taux des complications infectieuses de 18,8% et complication mécanique à 19,80% [6]; Mouafo au Cameroun avec 22,8% de complication infectieuse [22]; Topzeweska en Pologne avec 15,20% de complication infectieuse contre 36,9% de complications mécaniques [10]; Salem en Mauritanie a trouvé un taux global des complications de 26,1% [3];

Ces différences peuvent être liées aux précautions per opératoire utilisées, au délai de suivi des patients et aux types de valves utilisées. L'hydrocéphalie reste ainsi donc une pathologie fréquente en neurochirurgie pédiatrique et représente un facteur important de morbi-mortalité [27]; mais la DVP reste le traitement de choix des hydrocéphalies [3]. Dans l'étude de Paulsen, sur une longue période de suivi de 42-45 ans, le taux de mortalité était de 48% [14]. Dans notre étude, la durée d'hospitalisation était de 5 jours pour 85,71% de nos patients avec une durée moyenne d'hospitalisation de 5,65 jours. Dans l'étude de Baykan en Turquie, la durée moyenne d'hospitalisation était de 3,15 jours [28]. Le délai d'hospitalisation se rapproche et serait dû à la bonne évolution des patients et à la prise en charge des patients par des mutuelles. Dans notre étude, 86,81% de nos patients ont eu une bonne évolution et 75,82% de nos patients ont été pris en charge lors des campagnes chirurgicales, de soins gratuits. La mortalité postopératoire (DVP) était nulle dans notre étude. Elle a été constatée par Tabaski [11] en Tunisie 20,3%, par Christina aux Etats Unis 1,6%, par Warf en Ouganda 15,9%. Avec la VCE, Warf a trouvé une mortalité faible de 1,8% [29]. Ces différences peuvent être dues au suivi des malades au long cours. Dans notre étude l'évolution était à court terme, limitée au dernier pansement du patient, avant sa sortie de l'hôpital.

Dans notre étude, 78 patients soit 85,71% ont séjourné 5 jours à l'hôpital en post opératoire sans complication précoce. Dans les séries de l'Afrique subsaharienne, les complications décrites varient entre 7% et 69% et sont liées à des causes mécaniques (11-54%) et à l'infection (7-69%) [3]. Plusieurs études parlent de réopération après échec du shunt de dérivation [30] et ces échecs conduisent à la réopération du patient et prolonge le séjour du patient. Les complications mécaniques (déconnexion, migration du drain peritoneal...) et les infections (méningites, péritonites,...) nécessitent une réopération du patient et prolonge son séjour à l'hôpital.

Un travail méticuleux en salle d'opération élimine l'infection par shunt: technique chirurgicale uniforme avec manipulation limitée de l'implant et de la peau; circulation réduite en salle d'opération; planification matinale avec une durée d'intervention de moins de 30 minutes; double gantage, retirer la paire de gants externe avant de manipuler le shunt; antibioprophylaxie systématique.

8 jCONCLUSION

L'hydrocéphalie pédiatrique demeure une pathologie fréquente et redoutée en neurochirurgie infantile, associée à une morbi-mortalité significative. Dans les pays à ressources limitées

comme l'Algérie, la dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) constitue encore la méthode thérapeutique de référence, bien qu'elle expose à un risque important de complications précoces ou tardives, compromettant le pronostic neurologique et fonctionnel de l'enfant.

Ce travail, réalisé au sein du service de neurochirurgie du CHU d'Annaba, constitue une étude prospective portant sur 203 enfants opérés entre 2019 et 2024. Il s'est donné pour objectif principal d'identifier les **facteurs prédictifs des complications** post-DVP et de la mortalité, dans le but d'optimiser la prise en charge, d'orienter le suivi post-opératoire, et de proposer un **outil de prédiction clinique applicable en pratique courante**.

Principaux enseignements de l'étude

- **Profil épidémiologique spécifique :** L'hydrocéphalie a touché principalement les nourrissons de moins de 6 mois (53,2 %), sans prédominance de sexe. Une majorité des enfants provenaient des wilayas proches du CHU d'Annaba, confirmant le rôle de centre de référence régional. Les patients étaient issus de milieux socio-économiques modestes, avec un niveau d'instruction parental souvent faible, ce qui influence l'accès aux soins et la qualité du suivi.
- **Étiologies dominantes :** Les formes **malformatives**, notamment associées au spina bifida, représentaient près de 73 % des cas. Les formes post-infectieuses, bien que moins fréquentes, restent préoccupantes en raison de leur évolution imprévisible et de leur association fréquente à des complications.
- **Complications et mortalité :** Le taux global de complications s'est élevé à 43,8 %, avec une prédominance quasi égale entre les formes mécaniques (49,4 %) et infectieuses (48,3 %). La mortalité globale a atteint 7,8 %, concentrée essentiellement dans les 3 premiers mois post-opératoires, et principalement due à des infections du système de dérivation.
- **Facteurs de risque identifiés :** L'analyse multivariée a permis d'identifier deux **facteurs prédictifs indépendants** des complications : la présence d'une **circulation veineuse collatérale (CVC)** et l'existence d'une **pathologie maternelle pendant la grossesse**. En ce qui concerne la mortalité, un **taux d'hémoglobine bas à l'admission** a été identifié comme facteur prédictif significatif.
- **Outil décisionnel :** Sur la base des résultats obtenus, un **score de risque pondéré** a été proposé, intégrant dix variables cliniques, biologiques et contextuelles. Ce score

permet une stratification des patients en trois niveaux de risque (faible, modéré, élevé), avec des recommandations spécifiques pour chaque catégorie de suivi.

Score prédictif des complications post-DVP

(Chaque facteur est pondéré selon sa significativité dans l' étude et les publications scientifiques)

Facteur de risque	Points attribués
circulation veineuse collatérale (CVC)	+3 points
Affection maternelle pendant la grossesse	+2 points
Anémie (Hb < seuil) à l'admission	+2 points
Hyperleucocytose (>15.000) à l'admission	+2 points
Fièvre (>38°C) à l'admission	+2 points
Sexe masculin	+1 point
Âge < 6 mois	+1 point
Hydrocéphalie communicante	+1 point
Spina bifida	+1 point
Niveau socio-économique bas	+1 point

0–2

points

Faible risque

Suivi standard, surveillance clinique habituelle

3–5

points

Risque modéré

Suivi rapproché, éducation des parents renforcée

≥6 points	Risque élevé	Surveillance intensive, consultations rapprochées, éventuelle réévaluation précoce
--------------	--------------	---

Ce travail représente la **première étude prospective algérienne** à évaluer de manière aussi exhaustive les déterminants des complications post-DVP chez l'enfant. Il met en lumière l'importance d'une approche **multifactorielle**, qui ne se limite pas aux données techniques ou biomédicales, mais prend également en compte les **déterminants sociaux, périnataux et environnementaux**.

L'étude fournit par ailleurs un outil simple, reproductible, et directement **transposable dans les services hospitaliers**, en vue de prévenir les échecs du traitement et d'optimiser l'utilisation des ressources médicales dans les contextes contraints.

Certaines limites doivent être reconnues : étude monocentrique, effectifs réduits pour certains sous-groupes, et durée de suivi limitée pour évaluer les complications tardives. Toutefois, ces limites sont compensées par la rigueur méthodologique, la richesse des données collectées et l'originalité du travail dans son contexte géographique et épidémiologique.

Les perspectives ouvertes par cette étude sont multiples :

- **Validation multicentrique** du score prédictif proposé.
- Intégration de **solutions technologiques innovantes** (valves intelligentes, télésurveillance).
- Renforcement des **programmes d'éducation parentale** et des protocoles d'asepsie.
- Développement d'une **politique de prévention périnatale** incluant le suivi des grossesses à risque et la supplémentation en acide folique.

Cette thèse vient combler un manque important dans la littérature maghrébine sur l'hydrocéphalie pédiatrique compliquée. Elle confirme l'utilité d'un dépistage précoce, d'une surveillance post-opératoire renforcée chez les nourrissons à haut risque, et d'une prise en charge multidisciplinaire. Elle appelle à une **amélioration structurelle et organisationnelle**

des soins, dans une logique de santé publique et d'équité d'accès.

L'hydrocéphalie, bien que redoutée, peut aujourd'hui être **mieux anticipée et mieux contrôlée**, à condition d'en comprendre les déterminants, de les surveiller activement, et d'agir précocement.

9 Références bibliographiques

1. Di Rocco C, Turgut M, Jallo G, Martínez-Lage JF, éditeurs. Complications of CSF Shunting in Hydrocephalus: Prevention, Identification, and Management [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2015 [cité 16 févr 2023]. Disponible sur: <https://link.springer.com/10.1007/978-3-319-09961-3>
2. Stagno V, Navarrete EA, Mirone G, Esposito F. Management of hydrocephalus around the world. *World Neurosurg.* févr 2013;79(2 Suppl):S23.e17-20.
3. Tuli S, Drake J, Lawless J, Wigg M, Lamberti-Pasculli M. Risk factors for repeated cerebrospinal shunt failures in pediatric patients with hydrocephalus. *J Neurosurg.* janv 2000;92(1):31-8.
4. Kahle KT, Kulkarni AV, Limbrick DD, Warf BC. Hydrocephalus in children. *Lancet Lond Engl.* 20 févr 2016;387(10020):788-99.
5. Sato D, Takami H, Teranishi Y, Ishikawa O, Saito N. Pseudofailure of Ventriculoperitoneal Shunt due to Drug-Resistant Constipation, Dramatically Responsive to Rectal Tube Placement: Pitfall Case Series of Avoidable Shunt Revision. *World Neurosurg.* sept 2020;141:131-6.
6. Sainte-Rose C, Piatt JH, Renier D, Pierre-Kahn A, Hirsch JF, Hoffman HJ, et al. Mechanical complications in shunts. *Pediatr Neurosurg.* 1992 1991;17(1):2-9.
7. Drake JM, Kestle JR, Tuli S. CSF shunts 50 years on--past, present and future. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* nov 2000;16(10-11):800-4.
8. The definition and classification of hydrocephalus: A personal recommendation to stimulate debate. *Cerebrospinal Fluid Res.* 1 févr 2008;5:2.
9. Aschoff A, Kremer P, Hashemi B, Kunze S. The scientific history of hydrocephalus and its treatment. *Neurosurg Rev.* 8 oct 1999;22(2-3):67-93.
10. Srinivas D, Tyagi G, Singh GJ. Shunt Implants – Past, Present and Future. *Neurol India.* 12 janv 2021;69(8):463.
11. Lifshutz JI, Johnson WD. History of hydrocephalus and its treatments. *Neurosurg Focus.* 15 août 2001;11(2):E1.
12. Boockvar JA, Loudon W, Sutton LN. Development of the Spitz—Holter valve in Philadelphia. *J Neurosurg.* juill 2001;95(1):145-7.

13. Giordano M. Principles and practice of pediatric neurosurgery. *Childs Nerv Syst.* 1 juill 2015;31(7):1209-1209.
14. Schiller F. The cerebral ventricles. From soul to sink. *Arch Neurol.* sept 1997;54(9):1158-62.
15. Mortazavi MM, Adeeb N, Griessenauer CJ, Sheikh H, Shahidi S, Tubbs RI, et al. The ventricular system of the brain: a comprehensive review of its history, anatomy, histology, embryology, and surgical considerations. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* janv 2014;30(1):19-35.
16. Rhoton AL. The lateral and third ventricles. *Neurosurgery.* oct 2002;51(4 Suppl):S207-271.
17. Le Gars D, Lejeune JP, Peltier J. Surgical anatomy and surgical approaches to the lateral ventricles. *Adv Tech Stand Neurosurg.* 2009;34:147-87.
18. Corrales M, Torrealba G. The third ventricle. Normal anatomy and changes in some pathological conditions. *Neuroradiology.* 21 sept 1976;11(5):271-7.
19. Leite Dos Santos AR, Fratzoglou M, Perneczky A. A historical mistake: the aqueduct of Sylvius. *Neurosurg Rev.* juill 2004;27(3):224-5.
20. Matsushima T, Rhoton AL, Lenkey C. Microsurgery of the fourth ventricle: Part 1. Microsurgical anatomy. *Neurosurgery.* nov 1982;11(5):631-67.
21. Snell RS. Clinical neuroanatomy. 7th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2010. 542 p.
22. Mortazavi MM, Griessenauer CJ, Adeeb N, Deep A, Bavarsad Shahripour R, Loukas M, et al. The choroid plexus: a comprehensive review of its history, anatomy, function, histology, embryology, and surgical considerations. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* févr 2014;30(2):205-14.
23. Lowery LA. Mechanisms of Brain Ventricle Development.
24. Sakka L, Coll G, Chazal J. Anatomy and physiology of cerebrospinal fluid. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* déc 2011;128(6):309-16.
25. Telano LN, Baker S. Physiology, Cerebral Spinal Fluid. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 [cité 29 nov 2023]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519007/>
26. Oowler BK, Pitham T, Wang D. Aquaporins: relevance to cerebrospinal fluid physiology and therapeutic potential in hydrocephalus. *Cerebrospinal Fluid Res.* 22 sept 2010;7:15.

27. De Laurentis C, Cristaldi P, Arighi A, Cavandoli C, Trezza A, Sganzerla EP, et al. Role of aquaporins in hydrocephalus: what do we know and where do we stand? A systematic review. *J Neurol.* nov 2021;268(11):4078-94.
28. Pollay M. The function and structure of the cerebrospinal fluid outflow system. *Cerebrospinal Fluid Res.* 21 juin 2010;7:9.
29. Mangano FT, McAllister JP, Jones HC, Johnson MJ, Kriebel RM. The microglial response to progressive hydrocephalus in a model of inherited aqueductal stenosis. *Neurol Res.* déc 1998;20(8):697-704.
30. Miller JM, McAllister JP. Reduction of astrogliosis and microgliosis by cerebrospinal fluid shunting in experimental hydrocephalus. *Cerebrospinal Fluid Res.* 7 juin 2007;4:5.
31. Di Rocco C, Di Trapani G, Pettorossi VE, Caldarelli M. On the pathology of experimental hydrocephalus induced by artificial increase in endoventricular CSF pulse pressure. *Childs Brain.* 1979;5(2):81-95.
32. Wagshul ME, Chen JJ, Egnor MR, McCormack EJ, Roche PE. Amplitude and phase of cerebrospinal fluid pulsations: experimental studies and review of the literature. *J Neurosurg.* mai 2006;104(5):810-9.
33. Ammar A, éditeur. Hydrocephalus [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2017 [cité 8 janv 2024]. Disponible sur: <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-61304-8>
34. Nagra G, Koh L, Zakharov A, Armstrong D, Johnston M. Quantification of cerebrospinal fluid transport across the cribriform plate into lymphatics in rats. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* nov 2006;291(5):R1383-1389.
35. Cherian S, Whitelaw A, Thoresen M, Love S. The pathogenesis of neonatal post-hemorrhagic hydrocephalus. *Brain Pathol Zurich Switz.* juill 2004;14(3):305-11.
36. Garweg JG, Kieffer F, Mandelbrot L, Peyron F, Wallon M. Long-Term Outcomes in Children with Congenital Toxoplasmosis-A Systematic Review. *Pathog Basel Switz.* 15 oct 2022;11(10):1187.
37. Briand C, Levy C, Baumie F, Joao L, Béchet S, Carbonnelle E, et al. Outcomes of bacterial meningitis in children. *Med Mal Infect.* juin 2016;46(4):177-87.
38. van Toorn R, Solomons R. Diagnosis and Management of Tuberculous Meningitis in Children- an Update. *Semin Pediatr Neurol.* oct 2023;47:101071.
39. Poca MA, Sahuquillo J, Mataró M, Benejam B, Arikan F, Báguena M. Ventricular enlargement after moderate or severe head injury: a frequent and neglected problem. *J Neurotrauma.* nov 2005;22(11):1303-10.

40. Nasi D, Gladi M, Di Rienzo A, di Somma L, Moriconi E, Iacoangeli M, et al. Risk factors for post-traumatic hydrocephalus following decompressive craniectomy. *Acta Neurochir (Wien)*. sept 2018;160(9):1691-8.
41. Prognostic factors and clinical nomogram for in-hospital mortality in traumatic brain injury - PubMed [Internet]. [cité 11 janv 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38176118/>
42. Sunderland G, Ellenbogen J, Mallucci C. Hydrocephalus. In: Puri P, Höllwarth ME, éditeurs. *Pediatric Surgery* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2023 [cité 3 févr 2025]. p. 499-525. Disponible sur: https://link.springer.com/10.1007/978-3-030-81488-5_40
43. Paff M, Alexandru-Abrams D, Muhonen M, Loudon W. Ventriculoperitoneal shunt complications: A review. *Interdiscip Neurosurg*. 1 avr 2018;13.
44. Krishnan P, Raybaud C, Palasamudram S, Shroff M. Neuroimaging in Pediatric Hydrocephalus. *Indian J Pediatr*. oct 2019;86(10):952-60.
45. Dinçer A, Yildiz E, Kohan S, Memet Özek M. Analysis of endoscopic third ventriculostomy patency by MRI: value of different pulse sequences, the sequence parameters, and the imaging planes for investigation of flow void. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. janv 2011;27(1):127-35.
46. Thomale UW. Hydrocephalus and Surgical Solutions for It. In: Shimony N, Jallo G, éditeurs. *Pediatric Neurosurgery Board Review* [Internet]. Cham: Springer International Publishing; 2023 [cité 3 févr 2025]. p. 31-51. Disponible sur: https://link.springer.com/10.1007/978-3-031-23687-7_3
47. Thomale U, Auer C, Spennato P, Schaumann A, Behrens P, Gorelyshev S, et al. TROPHY registry — status report. *Childs Nerv Syst*. 1 nov 2021;37.
48. Blauwblomme T, Di Rocco F, Bourgeois M, Beccaria K, Paternoster G, Verchere-Montmayeur J, et al. Subdural to subgaleal shunts: alternative treatment in infants with nonaccidental traumatic brain injury? *J Neurosurg Pediatr*. 2015;15(3):306-9.
49. Reader B, Stegeman E, Zhang N, Greve K. Mobilization of Children with External Ventricular Drains: A Retrospective Cohort Study. *Child Basel Switz*. 19 nov 2022;9(11):1777.
50. Gravitational shunt valves in hydrocephalus to challenge the sequelae of over-drainage - PubMed [Internet]. [cité 6 févr 2025]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33176494/>

51. Pillai SV. Techniques and Nuances in Ventriculoperitoneal Shunt Surgery. *Neurol India*. déc 2021;69(Suppl 2):S471.
52. Di Rocco C, Marchese E, Velardi F. A survey of the first complication of newly implanted CSF shunt devices for the treatment of nontumoral hydrocephalus. Cooperative survey of the 1991-1992 Education Committee of the ISPN. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. juill 1994;10(5):321-7.
53. Piatt JH, Carlson CV. A search for determinants of cerebrospinal fluid shunt survival: retrospective analysis of a 14-year institutional experience. *Pediatr Neurosurg*. 1993;19(5):233-41; discussion 242.
54. Chazal J. Management of Hydrocephalus in Childhood. In: Sindou M, éditeur. *Practical Handbook of Neurosurgery* [Internet]. Vienna: Springer Vienna; 2009 [cité 8 févr 2025]. p. 1025-41. Disponible sur: http://link.springer.com/10.1007/978-3-211-84820-3_61
55. Barnes NP, Jones SJ, Hayward RD, Harkness WJ, Thompson D. Ventriculoperitoneal shunt block: what are the best predictive clinical indicators? *Arch Dis Child*. sept 2002;87(3):198-201.
56. Cozzens JW, Chandler JP. Increased risk of distal ventriculoperitoneal shunt obstruction associated with slit valves or distal slits in the peritoneal catheter. *J Neurosurg*. nov 1997;87(5):682-6.
57. Hanak BW, Ross EF, Harris CA, Browd SR, Shain W. Toward a better understanding of the cellular basis for cerebrospinal fluid shunt obstruction: report on the construction of a bank of explanted hydrocephalus devices. *J Neurosurg Pediatr*. août 2016;18(2):213-23.
58. Chen HH, Riva-Cambrin J, Brockmeyer DL, Walker ML, Kestle JRW. Shunt failure due to intracranial migration of BioGlide ventricular catheters. *J Neurosurg Pediatr*. avr 2011;7(4):408-12.
59. Head circumference for age [Internet]. [cité 15 févr 2025]. Disponible sur: <https://www.who.int/tools/child-growth-standards/standards/head-circumference-for-age>
60. Livingston JH, McCullagh HG, Kooner G, Childs AM, Chumas P, Tyagi A, et al. Bradycardia without associated hypertension: a common sign of ventriculo-peritoneal shunt malfunction. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. mai 2011;27(5):729-33.
61. Ferguson SD, Michael N, Frim DM. Observations regarding failure of cerebrospinal fluid shunts early after implantation. *Neurosurg Focus*. 15 avr 2007;22(4):E7.

62. McGirt MJ, Leveque JC, Wellons JC, Villavicencio AT, Hopkins JS, Fuchs HE, et al. Cerebrospinal fluid shunt survival and etiology of failures: a seven-year institutional experience. *Pediatr Neurosurg*. mai 2002;36(5):248-55.
63. Bedei I, Krispin E, Sanz Cortes M, Lombaard H, Zemet R, Whitehead WE, et al. Prenatal diagnosis and postnatal outcome of closed spinal dysraphism. *Prenat Diagn*. avr 2024;44(4):499-510.
64. Simon TD, Hall M, Riva-Cambrin J, Albert JE, Jeffries HE, Lafleur B, et al. Infection rates following initial cerebrospinal fluid shunt placement across pediatric hospitals in the United States. Clinical article. *J Neurosurg Pediatr*. août 2009;4(2):156-65.
65. Rogers EA, Kimia A, Madsen JR, Nigrovic LE, Neuman MI. Predictors of ventricular shunt infection among children presenting to a pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care*. mai 2012;28(5):405-9.
66. Klimo P, Thompson CJ, Baird LC, Flannery AM, Pediatric Hydrocephalus Systematic Review and Evidence-Based Guidelines Task Force. Pediatric hydrocephalus: systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 7: Antibiotic-impregnated shunt systems versus conventional shunts in children: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Pediatr*. nov 2014;14 Suppl 1:53-9.
67. Johnson JA, O'Halloran PJ, Crimmins D, Caird J. Thinking outside the shunt-sterile CSF malabsorption in pilocytic astrocytomas: case series and review of the literature. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. nov 2016;32(11):2255-60.
68. Hwang TN, Rofagha S, McDermott MW, Hoyt WF, Horton JC, McCulley TJ. Sunken eyes, sagging brain syndrome: bilateral enophthalmos from chronic intracranial hypotension. *Ophthalmology*. nov 2011;118(11):2286-95.
69. Martínez-Lage JF, Ruiz-Espejo Vilar A, Pérez-Espejo MA, Almagro MJ, Ros de San Pedro J, Felipe Murcia M. Shunt-related craniocerebral disproportion: treatment with cranial vault expanding procedures. *Neurosurg Rev*. juill 2006;29(3):229-35.
70. Martínez-Lage JF, Almagro MJ, Ruiz-Espejo A, León MC, García-Martínez S, Moralo S. Keeping CSF valve function with urokinase in children with intra-ventricular haemorrhage and CSF shunts. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. août 2009;25(8):981-6.
71. Epilepsy in children with shunted hydrocephalus - PubMed [Internet]. [cité 15 févr 2025]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9950498/>

72. Rocque BG, Lapsiwala S, Iskandar BJ. Ventricular shunt tap as a predictor of proximal shunt malfunction in children: a prospective study. *J Neurosurg Pediatr.* juin 2008;1(6):439-43.
73. de Aquino HB, Carelli EF, Borges Neto AG, Pereira CU. Nonfunctional abdominal complications of the distal catheter on the treatment of hydrocephalus: an inflammatory hypothesis? Experience with six cases. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* oct 2006;22(10):1225-30.
74. Morinaga T, Nakahara O, Tsuji A, Kuramoto K, Iizaka M, Hayashida S, et al. Laparoscopic intervention for late-onset perforating peritonitis due to a ventriculoperitoneal shunt: a case report and literature review. *Surg Case Rep.* 4 sept 2023;9(1):154.
75. Mathew M, Chikani MC, Okpara SE, Uzoanya MU, Ezemba N, Mezue WC. Challenges in the management of cerebrospinal fluid ascites: a case report. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* sept 2022;38(9):1829-31.
76. García-Martín A, Otero-Rodríguez A, Miranda-Zambrano D, Arandia-Guzmán DA, Torres-Carretero L, Sousa-Casasnovas P, et al. Abdominal pseudocysts, an unusual complication of ventriculoperitoneal shunt systems: Literature systematic review. *Neurocir Engl Ed.* mars 2021;32(2):69-77.
77. de Oliveira RS, Barbosa A, Vicente YA de MV de A, Machado HR. An alternative approach for management of abdominal cerebrospinal fluid pseudocysts in children. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* janv 2007;23(1):85-90.
78. Roitberg BZ, Tomita T, McLone DG. Abdominal cerebrospinal fluid pseudocyst: A complication of ventriculoperitoneal shunt in children. *Pediatr Neurosurg.* nov 1998;29(5):267-73.
79. Mobley LW, Doran SE, Hellbusch LC. Abdominal pseudocyst: predisposing factors and treatment algorithm. *Pediatr Neurosurg.* 2005;41(2):77-83.
80. Al-Mahrouqi O, Al-Saadi T. Abdominal pseudocyst: a rare complication of ventriculoperitoneal shunt. *Egypt J Neurosurg.* déc 2025;40(1):1-10.
81. Oliver DW, Walker MS, Walters AE, Chatrath P, Lamberty BG. Anti-silicone antibodies and silicone containing breast implants. *Br J Plast Surg.* juill 2000;53(5):410-4.
82. Kaplan M, Ozel SK, Akgun B, Kazez A, Kaplan S. Hepatic pseudocyst as a result of ventriculoperitoneal shunts: case report and review of the literature. *Pediatr Neurosurg.* 2007;43(6):501-3.

83. Allouh MZ, Al Barbarawi MM, Asfour HA, Said RS. Migration of the distal catheter of the ventriculoperitoneal shunt in hydrocephalus: A Comprehensive Analytical Review from an Anatomical Perspective. *Clin Anat N Y N*. sept 2017;30(6):821-30.
84. Wilson CB, Bertan V. Perforation of the bowel complicating peritoneal shunt for hydrocephalus. Report of two cases. *Am Surg*. sept 1966;32(9):601-3.
85. Chen TH, Lin MS, Kung WM, Hung KS, Chiang YH, Chen CH. Combined ventriculoperitoneal shunt blockage, viscus perforation and migration into urethra, presenting with repeated urinary tract infection. *Ann R Coll Surg Engl*. oct 2011;93(7):e151-153.
86. Vinchon M, Baroncini M, Laurent T, Patrick D. Bowel perforation caused by peritoneal shunt catheters: diagnosis and treatment. *Neurosurgery*. févr 2006;58(1 Suppl):ONS76-82; discussion ONS76-82.
87. Grosfeld JL, Cooney DR, Smith J, Campbell RL. Intra-abdominal complications following ventriculoperitoneal shunt procedures. *Pediatrics*. déc 1974;54(6):791-6.
88. Guimarães AS, Vaz Júnior M, Martins SP, Fagundes-Pereyra WJ. Rare case of migration and perforation of the urinary bladder by ventriculoperitoneal shunt catheter with intravesical knotted formation: A case report and literature review. *Surg Neurol Int*. 2022;13:75.
89. Siracusa G, Sparacino A, Lentini VL. Neurogenic bladder and disc disease: a brief review. *Curr Med Res Opin*. 1 août 2013;29(8):1025-31.
90. Ambati SR, Barry S, Matthew AA, Edwards M. Transvaginal Migration of Ventriculoperitoneal Shunts in Children: Review of Literature. *Asian J Neurosurg*. sept 2022;17(3):399-406.
91. Stephens S, Tolleson G, Robertson T, Campbell R. Diffuse midline glioma metastasis to the peritoneal cavity via ventriculo-peritoneal shunt: Case report and review of literature. *J Clin Neurosci*. sept 2019;67:288-93.
92. Rickert CH. Abdominal metastases of pediatric brain tumors via ventriculo-peritoneal shunts. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. 1998;14(1-2):10-4.
93. Bhasin RR, Chen MK, Pincus DW. Salvaging the “lost peritoneum” after ventriculoatrial shunt failures. *Childs Nerv Syst*. 5 avr 2007;23(5):483-6.
94. Gmeiner M, Wagner H, van Ouwerkerk WJR, Sardi G, Thomae W, Senker W, et al. Long-Term Outcomes in Ventriculoatrial Shunt Surgery in Patients with Pediatric Hydrocephalus: Retrospective Single-Center Study. *World Neurosurg*. juin 2020;138:e112-8.

95. Hasegawa H, Rinaldo L, Meyer FB, Lanzino G, Elder BD. Reevaluation of Ventriculopleural Shunting: Long-Term Efficacy and Complication Rates in the Modern Era. *World Neurosurg.* juin 2020;138:e698-704.
96. Girotti ME, Singh RR, Rodgers BM. The ventriculo-gallbladder shunt in the treatment of refractory hydrocephalus: a review of the current literature. *Am Surg.* août 2009;75(8):734-7.
97. Matushita H, Cardeal D, Pinto FC, Plese JPP, de Miranda JS. The ventriculoomental bursa shunt. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* août 2008;24(8):949-53.
98. Ramasy Razafindratovo RM, Migliavaca CB, Chevret S, Champeaux-Depond C. Internal Ventricular Cerebrospinal Fluid Shunt for Adult Hydrocephalus: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Infection Rate. *Neurosurgery.* 1 mai 2023;92(5):894-904.
99. Simon TD, Whitlock KB, Riva-Cambrin J, Kestle JRW, Rosenfeld M, Dean JM, et al. Revision surgeries are associated with significant increased risk of subsequent cerebrospinal fluid shunt infection. *Pediatr Infect Dis J.* juin 2012;31(6):551-6.
100. Zhou WX, Hou WB, Zhou C, Yin YX, Lu ST, Liu G, et al. Systematic Review and Meta-Analysis of Antibiotic-Impregnated Shunt Catheters on Anti-Infective Effect of Hydrocephalus Shunt. *J Korean Neurosurg Soc.* mars 2021;64(2):297-308.
101. Tamber MS, Klimo P, Mazzola CA, Flannery AM. Pediatric hydrocephalus: systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 8: Management of cerebrospinal fluid shunt infection. *J Neurosurg Pediatr.* nov 2014;14(Supplement_1):60-71.
102. Prusseit J, Simon M, von der Brelie C, Heep A, Molitor E, Volz S, et al. Epidemiology, prevention and management of ventriculoperitoneal shunt infections in children. *Pediatr Neurosurg.* 2009;45(5):325-36.
103. White MD, McDowell MM, Agarwal N, Greene S. Shunt infection and malfunction in patients with myelomeningocele. *J Neurosurg Pediatr.* 1 mai 2021;27(5):518-24.
104. Simon TD, Schaffzin JK, Podkovik S, Hodor P. Cerebrospinal Fluid Shunt Infections. *Infect Dis Clin North Am.* déc 2024;38(4):757-75.
105. Erps A, Roth J, Constantini S, Lerner-Geva L, Grisaru-Soen G. Risk factors and epidemiology of pediatric ventriculoperitoneal shunt infection. *Pediatr Int Off J Jpn Pediatr Soc.* déc 2018;60(12):1056-61.
106. Konrad E, Robinson JL, Hawkes MT. Cerebrospinal fluid shunt infections in children. *Arch Dis Child.* sept 2023;108(9):693-7.

107. Bierbrauer KS, Storrs BB, McLone DG, Tomita T, Dauser R. A prospective, randomized study of shunt function and infections as a function of shunt placement. *Pediatr Neurosurg*. 1991 1990;16(6):287-91.
108. McAlpine A, Robinson JL, Barton M, Balamohan A, Davies HD, Skar G, et al. Cerebrospinal Fluid Shunt Infections: A Multicenter Pediatric Study. *Pediatr Infect Dis J*. 1 juin 2022;41(6):449-54.
109. McClinton D, Carraccio C, Englander R. Predictors of ventriculoperitoneal shunt pathology. *Pediatr Infect Dis J*. juin 2001;20(6):593-7.
110. Yilmaz A, Musluman AM, Dalgic N, Cansever T, Dalkilic T, Kundakci E, et al. Risk factors for recurrent shunt infections in children. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas*. juin 2012;19(6):844-8.
111. Elgormus N, Elgormus Y, Dundar B, Bozkurt F, Dogu H, Uzun H. Management of Recurrent Ventriculoperitoneal Shunt Infections in Adult Patients. *Antibiot Basel Switz*. 13 janv 2025;14(1):77.
112. Kovács J, Máté V, Obeidat M, Nagy R, Agócs G, Kiss-Dala S, et al. Antibiotic-Impregnated Ventriculoperitoneal Shunts Decrease Bacterial Shunt Infection: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurosurgery*. 1 déc 2024;95(6):1263-73.
113. Dimovska-Gavrilovska A, Chaparoski A, Gavrilovski A, Milenkovic Z. The Importance of Perioperative Prophylaxis with Cefuroxime or Ceftriaxone in the Surgical Site Infections Prevention after Cranial and Spinal Neurosurgical Procedures. *Pril Makedon Akad Na Nauk Umet Oddelenie Za Med Nauki*. 1 sept 2017;38(2):85-97.
114. Pons VG, Denlinger SL, Guglielmo BJ, Octavio J, Flaherty J, Derish PA, et al. Ceftizoxime versus vancomycin and gentamicin in neurosurgical prophylaxis: a randomized, prospective, blinded clinical study. *Neurosurgery*. sept 1993;33(3):416-22; discussion 422-423.
115. Bodilsen J, D'Alessandris QG, Humphreys H, Iro MA, Klein M, Last K, et al. European society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases guidelines on diagnosis and treatment of brain abscess in children and adults. *Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis*. janv 2024;30(1):66-89.
116. Echizenya K, Satoh M, Murai H, Ueno H, Abe H, Komai T. Mineralization and biodegradation of CSF shunting systems. *J Neurosurg*. oct 1987;67(4):584-91.
117. Foroushani FT, Dzobo K, Khumalo NP, Mora VZ, de Mezerville R, Bayat A. Advances in surface modifications of the silicone breast implant and impact on its biocompatibility and biointegration. *Biomater Res*. 14 déc 2022;26(1):80.

118. Antibodies to silicone elastomers and reactions to ventriculoperitoneal shunts - PubMed [Internet]. [cité 24 avr 2025]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1354277/>
119. Tomes DJ, Hellbusch LC, Alberts LR. Stretching and breaking characteristics of cerebrospinal fluid shunt tubing. *J Neurosurg.* mars 2003;98(3):578-83.
120. Browd SR, Ragel BT, Gottfried ON, Kestle JRW. Failure of cerebrospinal fluid shunts: part I: Obstruction and mechanical failure. *Pediatr Neurol.* févr 2006;34(2):83-92.
121. Cheatle JT, Bowder AN, Agrawal SK, Sather MD, Hellbusch LC. Flow characteristics of cerebrospinal fluid shunt tubing. *J Neurosurg Pediatr.* févr 2012;9(2):191-7.
122. Leer M, Simms HN. Silicone allergy mimicking shunt infection. *Br J Neurosurg.* oct 2023;37(5):1016-7.
123. Hall BJ, Gillespie CS, Sunderland GJ, Conroy EJ, Hennigan D, Jenkinson MD, et al. Infant hydrocephalus: what valve first? *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* nov 2021;37(11):3485-95.
124. Beez T, Sarikaya-Seiwert S, Bellstädt L, Mühmer M, Steiger HJ. Role of ventriculoperitoneal shunt valve design in the treatment of pediatric hydrocephalus--a single center study of valve performance in the clinical setting. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* févr 2014;30(2):293-7.
125. Israelsson LA, Jonsson T. Physical properties of self locking and conventional surgical knots. *Eur J Surg Acta Chir.* 1994;160(6-7):323-7.
126. Bauer DF, Baird LC, Klimo P, Mazzola CA, Nikas DC, Tamber MS, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines on the Treatment of Pediatric Hydrocephalus: Update of the 2014 Guidelines. *Neurosurgery.* déc 2020;87(6):1071-5.
127. Hasanain A, Abdullah A, Alsawy M, Soliman M, Ghaleb A, Elwy R, et al. Incidence of and Causes for Ventriculoperitoneal Shunt Failure in Children Younger Than 2 Years: A Systematic Review. *J Neurol Surg Part Cent Eur Neurosurg.* janv 2019;80(01):026-33.
128. Aldrich EF, Harmann P. Disconnection as a cause of ventriculoperitoneal shunt malfunction in multicomponent shunt systems. *Pediatr Neurosurg.* 1991 1990;16(6):309-11; discussion 312.
129. Kemp J, Flannery AM, Tamber MS, Duhaime AC, Pediatric Hydrocephalus Systematic Review and Evidence-Based Guidelines Task Force. Pediatric hydrocephalus: systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 9: Effect of ventricular catheter entry point and position. *J Neurosurg Pediatr.* nov 2014;14 Suppl 1:72-6.

130. Sher I, Gambhir S, Pinto S, Mujic A, Peters-Willke J, Hunn A. Spontaneous peritoneal catheter knot formation: A rare cause of ventriculoperitoneal shunt malfunction. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas.* avr 2017;38:67-8.
131. Glatstein M. Ventriculoperitoneal shunt catheter protrusion through the anus: case report of an uncommon complication and literature review. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* 1 févr 2012;
132. Li W, Li Y, Sun Y, Chen L. Migration of a Distal Ventriculoperitoneal Shunt Catheter Into the Pulmonary Vasculature: a Report of an Unusual Case and a Review of the Literature. *J Craniofac Surg.* 2019;30(3):e243-4.
133. Lee YH, Park EK, Kim DS, Choi JU, Shim KW. What should we do with a discontinued shunt? *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* juin 2010;26(6):791-6.
134. Sahin S, Shaaban AF, Iskandar BJ. Recurrent pneumonia caused by transdiaphragmatic erosion of a ventriculoperitoneal shunt into the lung. Case report. *J Neurosurg.* août 2007;107(2 Suppl):156-8.
135. Iannelli A, Rea G, Di Rocco C. CSF shunt removal in children with hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien).* mai 2005;147(5):503-7; discussion 507.
136. Browd SR, Gottfried ON, Ragel BT, Kestle JRW. Failure of cerebrospinal fluid shunts: part II: overdrainage, loculation, and abdominal complications. *Pediatr Neurol.* mars 2006;34(3):171-6.
137. Becker DP, Nulsen FE. Control of hydrocephalus by valve-regulated venous shunt: avoidance of complications in prolonged shunt maintenance. *J Neurosurg.* mars 1968;28(3):215-26.
138. Tschan CA, Antes S, Huthmann A, Vulcu S, Oertel J, Wagner W. Overcoming CSF overdrainage with the adjustable gravitational valve proSA. *Acta Neurochir (Wien).* avr 2014;156(4):767-76; discussion 776.
139. Ros B, Iglesias S, Martín Á, Carrasco A, Ibáñez G, Arráez MA. Shunt overdrainage syndrome: review of the literature. *Neurosurg Rev.* oct 2018;41(4):969-81.
140. Drake JM, Kestle JR, Milner R, Cinalli G, Boop F, Piatt J, et al. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery.* août 1998;43(2):294-303; discussion 303-305.
141. Boon AJ, Tans JT, Delwel EJ, Egeler-Peerdeman SM, Hanlo PW, Wurzer HA, et al. Dutch Normal-Pressure Hydrocephalus Study: randomized comparison of low- and medium-pressure shunts. *J Neurosurg.* mars 1998;88(3):490-5.

142. Larysz D, Larysz P, Klimczak A, Mandera M. Is neuroradiological imaging sufficient for exclusion of intracranial hypertension in children? Intracranial hypertension syndrome without evident radiological symptoms. *Acta Neurochir Suppl.* 2010;106:203-8.
143. ReKate HL. Classification of slit-ventricle syndromes using intracranial pressure monitoring. *Pediatr Neurosurg.* 1993;19(1):15-20.
144. Fattal-Valevski A, Beni-Adani L, Constantini S. Short-term dexamethasone treatment for symptomatic slit ventricle syndrome. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* nov 2005;21(11):981-4.
145. Epstein FJ, Fleischer AS, Hochwald GM, Ransohoff J. Subtemporal craniectomy for recurrent shunt obstruction secondary to small ventricles. *J Neurosurg.* juill 1974;41(1):29-31.
146. Portnoy HD, Schulte RR, Fox JL, Croissant PD, Tripp L. Anti-siphon and reversible occlusion valves for shunting in hydrocephalus and preventing post-shunt subdural hematomas. *J Neurosurg.* juin 1973;38(6):729-38.
147. Gruber R, Jenny P, Herzog B. Experiences with the anti-siphon device (ASD) in shunt therapy of pediatric hydrocephalus. *J Neurosurg.* juill 1984;61(1):156-62.
148. Panagopoulos D, Strantzalis G, Gavra M, Boviatsis E, Korfias S. The Role of Antisiphon Devices in the Prevention of Central Ventricular Catheter Obliteration for Hydrocephalus: A 15-Years Institution's Experience Retrospective Analysis. *Child Basel Switz.* 1 avr 2022;9(4):493.
149. Zheng J, Chen G, Xiao Q, Huang Y, Guo Y. Endoscopy in the treatment of slit ventricle syndrome. *Exp Ther Med.* oct 2017;14(4):3381-6.
150. Ng JJ, Saikali LM, Zapatero ZD, Massenburg BB, Wu M, Romeo DJ, et al. Vaulting further: cranial vault expansion for craniocerebral disproportion without primary craniosynostosis. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* déc 2024;40(12):3955-62.
151. Faulhauer K, Schmitz P. Overdrainage phenomena in shunt treated hydrocephalus. *Acta Neurochir (Wien).* 1978;45(1-2):89-101.
152. Doorenbosch X, Molloy CJ, David DJ, Santoreneos S, Anderson PJ. Management of cranial deformity following ventricular shunting. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* juill 2009;25(7):871-4.
153. Golinko MS, Atwood DN, Ocal E. Surgical management of craniosynostosis in the setting of a ventricular shunt: a case series and treatment algorithm. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* mars 2018;34(3):517-25.

154. <https://cioms.ch/wp-content/uploads/2017/09/CIOMS-EthicalGuideline-FR-2016-WEB.pdf> [Internet]. [cité 18 févr 2025]. Disponible sur: <https://cioms.ch/wp-content/uploads/2017/09/CIOMS-EthicalGuideline-FR-2016-WEB.pdf>
155. Riva-Cambrin J, Kestle JRW, Holubkov R, Butler J, Kulkarni AV, Drake J, et al. Risk factors for shunt malfunction in pediatric hydrocephalus: a multicenter prospective cohort study. *J Neurosurg Pediatr.* avr 2016;17(4):382-90.
156. Hanak BW, Bonow RH, Harris CA, Browd SR. Cerebrospinal Fluid Shunting Complications in Children. *Pediatr Neurosurg.* 2017;52(6):381-400.
157. Souaré I s. Hydrocephalus in the Pediatric Population in the Tropic Co-morbidity Impact at CHU in Conakry. *Am J Psychiatry Neurosci.* 18 juill 2016;4:65.
158. H Almazroea A. Epidemiology of ventriculoperitoneal shunt complications in pediatric age group in medina region: Observational study. *Clin Med Investig* [Internet]. 2019 [cité 16 mai 2025];4(4). Disponible sur: <https://www.oatext.com/epidemiology-of-ventriculoperitoneal-shunt-complications-in-pediatric-age-group-in-medina-region-observational-study.php>
159. Coll G, Abed Rabbo F, de Schlichting E, Coste A, Chazal J, Garcier JM, et al. Mechanical complications of cerebrospinal fluid shunt. Differences between adult and pediatric populations: myths or reality? *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* juill 2021;37(7):2215-21.
160. McGirt MJ, Zaas A, Fuchs HE, George TM, Kaye K, Sexton DJ. Risk factors for pediatric ventriculoperitoneal shunt infection and predictors of infectious pathogens. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am.* 1 avr 2003;36(7):858-62.
161. Altwejrj IS, AlRaddadi KK, Alsager GA, Abobotain AH, Abdulsalam HKA, AlQazlan SM, et al. Patterns and prognosis of Ventriculoperitoneal shunt malfunction among pediatrics in Saudi Arabia. *Neurosciences.* oct 2020;25(5):356-61.
162. Sepehri A, Guliani H. Socioeconomic status and children's health: evidence from a low-income country. *Soc Sci Med* 1982. avr 2015;130:23-31.
163. Durkin MS, Islam S, Hasan ZM, Zaman SS. Measures of socioeconomic status for child health research: comparative results from Bangladesh and Pakistan. *Soc Sci Med* 1982. mai 1994;38(9):1289-97.
164. Ferris E, Kynaston J, Dalle DU, Ng YJ, Leahy P, Hassan U, et al. The etiology of pediatric hydrocephalus across Asia: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Pediatr.* 1 avr 2024;33(4):323-33.

165. Karlsson O, De Neve JW, Subramanian SV. Weakening association of parental education: analysis of child health outcomes in 43 low- and middle-income countries. *Int J Epidemiol*. 1 févr 2019;48(1):83-97.
166. Li Z, Kim R, Vollmer S, Subramanian SV. Factors Associated With Child Stunting, Wasting, and Underweight in 35 Low- and Middle-Income Countries. *JAMA Netw Open*. 1 avr 2020;3(4):e203386.
167. Munch TN, Rasmussen MLH, Wohlfahrt J, Juhler M, Melbye M. Risk factors for congenital hydrocephalus: a nationwide, register-based, cohort study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. nov 2014;85(11):1253-9.
168. Kalyvas AV, Kalamatianos T, Pantazi M, Lianos GD, Stranjalis G, Alexiou GA. Maternal environmental risk factors for congenital hydrocephalus: a systematic review. *Neurosurg Focus*. nov 2016;41(5):E3.
169. Betran AP, Ye J, Moller AB, Souza JP, Zhang J. Trends and projections of caesarean section rates: global and regional estimates. *BMJ Glob Health* [Internet]. 15 juin 2021 [cité 16 mai 2025];6(6). Disponible sur: <https://gh.bmj.com/content/6/6/e005671>
170. Riazi A, Salehpour F, Mirzaei F, Mahdikhah A. Letter to the Editor. Management of preterm infants with posthemorrhagic ventricular dilatation. *J Neurosurg Pediatr*. 1 mai 2022;29(5):597-8.
171. Rekate HL. Third ventriculostomy in early infancy. *Eur J Paediatr Neurol EJPEN Off J Eur Paediatr Neurol Soc*. mai 2020;26:4.
172. Marlin AE. Management of hydrocephalus in the patient with myelomeningocele: an argument against third ventriculostomy. *Neurosurg Focus*. 15 févr 2004;16(2):E4.
173. McLone DG, Dias MS. The Chiari II malformation: cause and impact. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. août 2003;19(7-8):540-50.
174. Bowman RM, McLone DG, Grant JA, Tomita T, Ito JA. Spina bifida outcome: a 25-year prospective. *Pediatr Neurosurg*. mars 2001;34(3):114-20.
175. Kumar S, Dutta G, Singh RK, Prakash A, Singh RB, Saran K, et al. A Study of Surgical Outcomes and Complications in Children Undergoing Ventriculoperitoneal Shunt in a Tertiary Care Hospital of Eastern India. *Ann Afr Med*. 20 mars 2025;
176. Dewan MC, Lim J, Gannon SR, Heaner D, Davis MC, Vaughn B, et al. Comparison of hydrocephalus metrics between infants successfully treated with endoscopic third ventriculostomy with choroid plexus cauterization and those treated with a ventriculoperitoneal shunt: a multicenter matched-cohort analysis. *J Neurosurg Pediatr*. avr 2018;21(4):339-45.

177. Lu VM, Shimony N, Jallo GI, Niazi TN. Infant Hydrocephalus. *Pediatr Rev.* 1 août 2024;45(8):450-60.
178. Tully HM, Dobyns WB. Infantile hydrocephalus: A review of epidemiology, classification and causes. *Eur J Med Genet.* août 2014;57(8):359-68.
179. Nam EJ, Ham JY, Song KE, Kim YK, Lee NY. Incidence and Distribution of the Pathogens Causing Central Nervous System Infections at the University Hospital of Korea. *Clin Lab.* 1 juin 2021;67(6).
180. (PDF) Handbook of neurosurgery Greenberg [Internet]. [cité 4 mai 2025]. Disponible sur: https://www.academia.edu/40071802/Handbook_of_neurosurgery_Greenberg
181. The Rate of Complications after Ventriculoperitoneal Shunt Surgery - ScienceDirect [Internet]. [cité 17 mai 2025]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875016311378?via%3Dihub>
182. Anioke T, Fei Y, Stuart CM, Colborn KL, Healy GL, Dyas AR, et al. Seasonality of surgical site infection rates across a broad surgical sample and diverse health system. *Am J Infect Control.* 1 mai 2025;53(5):559-64.
183. Murray BW, Huerta S, Dineen S, Anthony T. Surgical site infection in colorectal surgery: a review of the nonpharmacologic tools of prevention. *J Am Coll Surg.* déc 2010;211(6):812-22.
184. Kestle JRW, Riva-Cambrin J, Wellons JC, Kulkarni AV, Whitehead WE, Walker ML, et al. A standardized protocol to reduce cerebrospinal fluid shunt infection: the Hydrocephalus Clinical Research Network Quality Improvement Initiative. *J Neurosurg Pediatr.* juill 2011;8(1):22-9.
185. Pedersen SH, Prein TH, Ammar A, Grotenhuis A, Hamilton MG, Hansen TS, et al. How to define CSF overdrainage: a systematic literature review. *Acta Neurochir (Wien).* févr 2023;165(2):429-41.
186. Choux M, Genitori L, Lang D, Lena G. Shunt implantation: reducing the incidence of shunt infection. *J Neurosurg.* déc 1992;77(6):875-80.
187. Simon TD, Butler J, Whitlock KB, Browd SR, Holubkov R, Kestle JRW, et al. Risk factors for first cerebrospinal fluid shunt infection: findings from a multi-center prospective cohort study. *J Pediatr.* juin 2014;164(6):1462-1468.e2.
188. Kestle JRW. Editorial: Shunt insertion. *J Neurosurg.* 1 juill 2013;119(1):64-5.
189. Menberu MS, Mohammed AS, Kebede YN, Diress GM. Survival status and determinant factors of mortality among pediatric patients who underwent

ventriculoperitoneal shunting surgery for hydrocephalus in Ethiopia. *BMC Surg.* 15 avr 2025;25(1):158.

190. Isaacs AM, Riva-Cambrin J, Yavin D, Hockley A, Pringsheim TM, Jette N, et al. Age-specific global epidemiology of hydrocephalus: Systematic review, metanalysis and global birth surveillance. *PloS One.* 2018;13(10):e0204926.

191. Warf BC. Hydrocephalus associated with neural tube defects: characteristics, management, and outcome in sub-Saharan Africa. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg.* oct 2011;27(10):1589-94.

192. Lehner KR, Alawneh RJ, Lee RP, Kazemi F, Yea J, Jiang K, et al. Clinical and socioeconomic predictors of shunt malfunction in the pediatric emergency department. *J Neurosurg Pediatr.* 5 avr 2024;34(1):75-83.

193. Zhou F, Yang Z, Tang Z, Zhang Y, Wang H, Sun G, et al. Outcomes and prognostic factors of infantile acquired hydrocephalus: a single-center experience. *BMC Pediatr.* 24 mai 2023;23(1):260.

194. Wubie AB, Teshome ,Girum Sebsibe, Ayele ,Wudie Eneyew, Abebe ,Fikirtemariam, Nigussie ,Tewodros Mulugeta, Alemu ,Yalemgeta Biyazin, et al. Survival status and predictors of mortality among children who underwent ventriculoperitoneal shunt surgery at public hospitals in Addis Ababa, Ethiopia. *Int J Neurosci.* 3 juill 2023;133(7):797-805.

195. Gathura E, Poenaru D, Bransford R, Albright AL. Outcomes of ventriculoperitoneal shunt insertion in Sub-Saharan Africa. *J Neurosurg Pediatr.* oct 2010;6(4):329-35.

196. Merkler AE, Ch'ang J, Parker WE, Murthy SB, Kamel H. The Rate of Complications after Ventriculoperitoneal Shunt Surgery. *World Neurosurg.* févr 2017;98:654-8.

197. Salem-Memou S, Chavey S, Elmoustapha H, Mamoune A, Moctar A, Salihy S, et al. [Hydrocephalus in newborns and infants at the Nouakchott National Hospital]. *Pan Afr Med J.* 2020;36:184.

198. Tapsoba TL, Sanon H, Soubeiga KJ, Ouattara TF, Kabré A, Cissé R. Aspects épidémiologiques, cliniques et tomodensitométriques des hydrocéphalies chez les enfants de zéro à 15 ans (à propos de 53 patients colligés au centre hospitalier universitaire Yalgado Ouédraogo de Ouagadougou : CHU YO). *Médecine Nucl.* 1 oct 2010;34:e3-7.

199. Rakotondraibe WF, Andrianaivo RT, Tsiaremby MG, Raotoson S, Raveloharimino NH, Rabesandratana N, et al. SPINA BIFIDA APERTA IN MAHAJANGA: CLINICAL CASES AND LITERATURE REVIEW. *IJRDO -J Health Sci Nurs.* 5 févr 2021;6(1):01-17.

200. Kapessa ND, Banza MI, Ntalaja J, Trésor KK, Ngoie CN, Nyamezawa DB, et al. Hydrocéphalie de l'enfant: aspects clinique, paraclinique et thérapeutique dans quatre formations médicales de Lubumbashi. *Pan Afr Med J.* 31 oct 2022;43:114.
201. Bergsneider M, Egnor MR, Johnston M, Kranz D, Madsen JR, McAllister JP, et al. What we don't (but should) know about hydrocephalus. *J Neurosurg.* mars 2006;104(3 Suppl):157-9.
202. Disorders of Eye Movement: Disorders of Ocular Movement in Hydrocephalus - Michael Swash, 1976 [Internet]. [cité 22 févr 2025]. Disponible sur: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/003591577606900707>
203. Ibrahimu JT, Beltchika AK, Bianda JN, Ntsambi GE. Aspects épidémiologiques, cliniques et thérapeutiques de l'hydrocéphalie aux Cliniques Universitaires de Kinshasa: Epidemiological, clinical and therapeutical features of hydrocephalus at Kinshasa university hospital. *Ann Afr Med.* 2018;12(1):e3086-92.
204. Warf BC, East African Neurosurgical Research Collaboration. Pediatric hydrocephalus in East Africa: prevalence, causes, treatments, and strategies for the future. *World Neurosurg.* avr 2010;73(4):296-300

10 Annexes

10.1 Fiche technique

INDENTITE

-Nom : _____ -Prénom : _____ -sexe : _____
 -âge : _____ -date de naissance : _____
 -résidence : _____
 -scolarité : oui ☐ / non ☐
 4) -tel : _____

ANTECEDENTS

Origine père mère :

Profession père mère

-niveau socio-eco :pas de revenus /inf ou égal SMIG/sup smig

Maladies et ou prises médicamenteuses ou toxiques père mère

Scolarité père

mère

Antécédents de malformations lors de précédentes grossesses. ☐

Grossesse et naissance -déroulement de la grossesse :

-suivie ☐ non suivie ☐

-publique : ☐ privé ☐

-spécialiste ☐ -généraliste ☐

-affections pendant la grossesse : // (oui : 1, non : 2)

-prise médicamenteuse : // (oui : 1, non : 2)

Accouchement voie basse instrumentée césarienne

Grossesse mono fœtale ☐ gémellaire ☐

-état néonatal: poids -Apgar : -souffrance fœtale :/(oui:1,non:2)

-infection neo-nat:/(oui:1,non:2)

-âge gestationnel : naissance à terme ☐ / prématurité ☐ / terme précis : //

-malformations : embryopathie ☐ / foetopathie ☐

-type : méningocèle ☐ / myéломéningocèle ☐

Antécédents : personnels :

-médicaux :

Affection du scalp : // (oui : 1, non : 2) -types : infection ☐ / dermatose ☐ / escarre ☐

Affection infectieuse : // (oui : 1, non : 2) -type : urinaire ☐ / otite ☐ / pneumopathie ☐ Affection neurologique :
méningite : // (oui : 1, non : 2)

Hémorragie méningée : / (oui : 1, non : 2)

-chirurgicaux :

Chirurgie digestive : // (oui : 1, non : 2)

Chirurgie neurologique : // (oui : 1, non : 2)

CARACTERISTIQUES DE LA MALADIE

-signes cliniques : macrocrânie ☐ / bombement font ant ☐ / disjonction des sutures ☐ /

dilatation veineuse ☐ / peau du cuir chevelu fine et tendue ☐ /

regard en coucher du soleil ☐ / sd d'hypertension intra crânienne ☐

-examen neurologique : -PC : cm -déficit moteur ☐ -sd pyramidal ☐ -atteinte des PC ☐

-examens paracliniques : ETF ☐ / TDM ☐ / IRM ☐

-type d'hydrocéphalie : communicante ☐ / obstructive ☐

-étiologies : malformations ☐ / infections ☐ / hémorragies ☐ / tumeurs ☐

-délai entre Dg et chirurgie : / / jrs

INTERVENTION

salle 1 ☐ salle2 ☐

-nombre d'interventions : - durée (min) : -1^{ère} / / -2^{ème} /

-complications : / / (oui : 1, non : 2) -délai entre intervention et complications : / /jrs

-expérience du neurochirurgien : sénior ☐ / résident ☐

Nombre d'opérateurs

Nombre personnels en salle

Type de valve marque ref

Placement du cathe abd sus omb ☐ para ☐ sous omb ☐

Mesure pression abdominale avant intervention

Anomalies bilan biologique pré opératoire

COMPLICATIONS

A. Complications opératoires

-complications anesthésique (oui : 1, non : 2) type :

☐ -fautes d'asepsie ☐ -perforation intestinale ☐ -cathéter mal placé ☐ -valve non fonctionnelle en peropératoire ☐ -décès ☐

B. Complications postopératoires

date de début J :

-clinique : fièvre ☐ chiffre : / irritabilité ☐ / sd méningé ☐ / signes abdominaux ☐ type :

Sd d'HTIC ☐ / céphalées ☐ / vomissements ☐ / troubles de la conscience ☐

-trouble de conscience ☐ ☐ -neurologique ☐ -crises convulsives ☐

-sd d'HTIC ☐ -troubles visuels ☐ troubles oculomoteurs ☐

I. Infectieuses : (oui : 1, non : 2)

-bilans biologiques : PL (ex direct et culture) ☐

Prélèvement du LCR ventriculaire ☐

Prélèvement cutané ou sur matériel ☐

Hémoculture ☐

Culture du matériel ☐

-germes en cause : staphylocoques aureus ☐ / staphylocoques epidermidis ☐ /-autres :

-type d'infections : méningite ☐ / ventriculite ☐ / péritonite ☐ / septicémie ☐ /-autres :

-PEC : antibiothérapie ☐ -type : C3G+aminoside ☐ -autres :

Ablation du matériel ☐ / dérivation externe ☐ -autres : -évolution : apyrexie ☐ / stérilisation du LCR ☐ / séquelles ☐ / décès ☐

Durée : / /jrs

II. Mécaniques (oui : 1, non : 2)

Bilans : imagerie -TDM cérébrale ☐

-TDM abdominale ☐

-Rx du Crâne □ -écho abd □

-Rx du cou □ -ASP □

Types dysfonctionnement

A/ cathéter ventriculaire :

-dysfonctionnement du cathéter ventriculaire :

Obstruction □ déconnexion □ mauvais placement □ -œdème cérébral □

-HSDC □

-HED □

-hémorragie intra ventriculaire □

-migration du cathéter ventriculaire □ -épanchement (pseudoméningocèle du scalp) □

B/ cathéter péritonéal :

-formation kystique de LCR □ -formation d'ascite de LCR □

-perforation gastro-intestinale-occlusion intestinale □

-dysfonctionnement du KT □ -obstruction □

-extériorisation anale du KT □ -extériorisation ombilicale □

-hydrocèle □

C/ valve :

-obstruction □ -désunion □ -perforation □ -nécrose cutanée □

Traitement

Mise en place d'une nouvelle dvp □. A droite□. A gauche□

-révision du KT ventriculaire □. -révision du KT abd □

-ablation du KT ventr et MEP d'un nouveau □ -ablation du KT abd et MEP d'un nouveau

-évacuation d'HED □ -évacuation d'HSDC □

-ablation des KT extériorisés □ -antibiothérapie □

-Autres :

Evolution

-favorable □ -séquelle □ -décès □

III. Hyper drainage

-hématome sous dural ☐ -collapsus cérébral ☐

-craniosténose et microcéphalie ☐ -sd des ventricules fentes ☐

PRONOSTIC (à long terme)

-morphologie crânienne : PC :

-taille des ventricules : normal ☐ / dilatée ☐

-état neurologique : normal ☐ / retard mental ☐ -Développement psychomoteur : normal ☐ / retard ☐ -scolarité :
normal ☐ / difficultés scolaires ☐

Résumé de la Thèse

L'hydrocéphalie pédiatrique constitue une pathologie fréquente en neurochirurgie infantile, exposant à une morbidité et une mortalité significatives. La dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) demeure le traitement de référence, en particulier dans les pays à ressources limitées, malgré un taux important de complications. Cette étude prospective, menée au sein du service de neurochirurgie du CHU d'Annaba entre janvier 2019 et mars 2024, a inclus 203 enfants opérés pour hydrocéphalie. Elle visait à identifier les facteurs prédictifs des complications et de la mortalité post-DVP, afin d'améliorer la prise en charge et le suivi.

Les résultats montrent une nette prédominance des cas dans la première année de vie (77,8 %), notamment avant 6 mois (53,2 %), sans différence significative entre les sexes. Les étiologies malformatives, principalement le spina bifida, étaient les plus fréquentes (72,9 %), suivies des formes post-infectieuses. La majorité des patients provenaient de wilayas proches du centre hospitalier, et étaient issus de milieux socio-économiques modestes, avec un niveau d'instruction parental bas, influant sur l'accès aux soins et la qualité du suivi.

Le taux global de complications post-opératoires était de 43,8 %, dominé par les complications mécaniques (49,4 %) et infectieuses (48,3 %). La mortalité s'élevait à 7,8 %, principalement dans les trois premiers mois suivant l'implantation. L'analyse multivariée a permis d'identifier comme facteurs prédictifs de complication la présence de circulation veineuse collatérale et une pathologie maternelle pendant la grossesse. Un taux d'hémoglobine bas à l'admission était associé à une mortalité accrue.

Un score de risque prédictif a été élaboré, intégrant des variables cliniques, biologiques et contextuelles, permettant de stratifier les patients en trois niveaux de risque (faible, modéré, élevé) avec des recommandations spécifiques de suivi pour chaque groupe. Ce score offre un outil simple et applicable en pratique quotidienne, en particulier dans les contextes à ressources limitées.

Ce travail, premier en son genre en Algérie, souligne l'importance d'une approche globale, intégrant les dimensions biomédicales et sociales, pour optimiser la prise en charge des enfants porteurs d'hydrocéphalie. Il ouvre la voie à des perspectives de validation multicentrique, de renforcement de la prévention périnatale et d'amélioration des protocoles de suivi post-opératoire.

Mots-clés : Hydrocéphalie, Enfant, Dérivation ventriculo-péritonéale, Complications, Morbidité, Score prédictif, Afrique du Nord

summary

Pediatric hydrocephalus is a frequent and serious condition in pediatric neurosurgery, associated with significant morbidity and mortality. Ventriculoperitoneal shunting (VPS) remains the standard treatment, especially in low-resource settings, despite a high rate of postoperative complications. This prospective study was conducted at the Neurosurgery Department of Annaba University Hospital between January 2019 and March 2024, including 203 children who underwent VPS. The objective was to identify predictive factors of complications and mortality following shunt placement, in order to optimize management and follow-up.

The results showed a marked concentration of cases in the first year of life (77.8%), particularly before 6 months of age (53.2%), with no significant sex difference. Malformative etiologies, primarily spina bifida, were predominant (72.9%), followed by post-infectious forms. Most patients originated from nearby provinces and came from socioeconomically disadvantaged backgrounds, often with low parental education levels, factors that influenced access to care and adherence to follow-up.

The overall postoperative complication rate was 43.8%, mainly mechanical (49.4%) and infectious (48.3%). The mortality rate reached 7.8%, with most deaths occurring within the first three months after surgery. Multivariate analysis identified collateral venous circulation and maternal illness during pregnancy as independent predictors of complications. Low hemoglobin levels at admission were significantly associated with increased mortality.

1

A predictive risk score was developed, incorporating clinical, biological, and contextual variables, allowing stratification into low-, moderate-, and high-risk groups, each with tailored follow-up recommendations. This tool provides a simple, practical approach to risk assessment in daily clinical practice, particularly suited to resource-constrained environments.

This study, the first of its kind in Algeria, highlights the importance of a comprehensive approach combining biomedical and social factors in managing pediatric hydrocephalus. It opens perspectives for multicenter validation, perinatal prevention strategies, and enhanced postoperative surveillance protocols.

Keywords: Hydrocephalus, Child, Ventriculoperitoneal shunt, Complications, Morbidity, Predictive score, North Africa

الملخص

يُعد استسقاء الرأس عند الأطفال من الأمراض الشائعة والخطيرة في مجال جراحة الأعصاب، ويرتبط بمعدلات عالية من المراضة والوفيات. وتبقى التحويلة البطينية البريتوانية هي العلاج المعياري لدى الأطفال، خاصة في البيئات ذات الموارد المحدودة، رغم ارتفاع معدل المضاعفات بعد الجراحة.

أُجريت هذه الدراسة الاستباقية في مصلحة جراحة الأعصاب بالمستشفى الجامعي لمدينة عنابة بين يناير 2019 ومارس 2024، وشملت 203 طفلاً، خضعوا لعملية تحويلية بطينية بريتوانية. وكان الهدف هو تحديد العوامل المتنبئة بالمضاعفات والوفيات بعد زرع التحويلة، من أجل تحسين التكفل الطبي والمتابعة.

أظهرت النتائج أن معظم الحالات تركزت في السنة الأولى من العمر (77.8٪)، لا سيما قبل سن ستة أشهر (53.2٪)، دون فرق كبير بين الذكور والإناث. وكانت الأسباب الخلقية، خصوصاً السنسنة المشقوقة، هي الأكثر شيوعاً (72.9٪)، تليها الأشكال الناتجة عن العدوى. وجاء أغلب المرضى من ولايات مجاورة، وينحدرون من أوساط اجتماعية واقتصادية ضعيفة، وغالباً ما كان مستوى تعليم الوالدين منخفضاً، وهو ما يؤثر على القدرة على الوصول إلى الرعاية الصحية والالتزام بالمتابعة.

بلغ معدل المضاعفات بعد الجراحة (43.8٪)، أغلبها ميكانيكي (49.4٪) أو معدني (48.3٪). وبلغ معدل الوفيات (7.8٪)، وحدثت معظم حالات الوفاة خلال الأشهر الثلاثة الأولى بعد الجراحة. وكشفت التحاليل المتعددة المتغيرات أن وجود دوران وريدي جانبي ومرض لدى الأم أثناء الحمل هما عاملان تنبؤيان مستقلان للمضاعفات. كما ارتبط انخفاض معدل الهيموغلوبين عند القبول بارتفاع خطر الوفاة.

وقد تم تطوير مقياس تنبؤي لتقييم الخطر، يدمج متغيرات سريرية وبيولوجية وسياقية، مما يسمح بتصنيف المرضى إلى ثلاث مجموعات: منخفضة، ومتوسطة، وعالية الخطورة، مع توصيات متابعة خاصة بكل فئة. وتُعد هذه الأداة بسيطة وعملية لتقييم الخطر في الممارسة اليومية، خاصة في البيئات المحدودة الموارد.

تُعد هذه الدراسة، وهي الأولى من نوعها في الجزائر، تسليطاً للضوء على أهمية اتباع نهج شامل يجمع بين العوامل البيولوجية والاجتماعية في تدبير استسقاء الرأس عند الأطفال، كما تفتح آفاقاً للتحقق المتعدد المراكز، واستراتيجيات الوقاية حول الولادة، وتعزيز بروتوكولات المتابعة ما بعد الجراحة.

الكلمات المفتاحية: استسقاء الرأس، طفل، التحويلة البطينية البريتوانية، المضاعفات، المراضة، مقياس تنبؤي، شمال إفريقيا

