

PLASTICITÉ ET « RÉGÉNÉRESCENCE » CÉRÉBRALE DANS LES HYDROCÉPHALIES ÉVOLUÉES DE L'ENFANT: MYTHE OU RÉALITÉ ? EXPÉRIENCE DU SERVICE DE NEUROCHIRURGIE DU CHU MÈRE-ENFANT DE BAMAKO – MALI

DIARRA M. S.^{1,2}, CISSE M. E. H.^{1,2}, BECKAERT O.³, KOUMARE I.¹, DAMA M.⁴,
KEITA A.¹, DIALLO O.⁴, KANIKOMO D.⁵

1 . Service Neurochirurgie CHU -ME Le Luxembourg ;

2 . Unité de Neurochirurgie des Armées du Mali

3 . Service de Neurochirurgie - Hôpital Rotschild- Paris.

4 . Service de Neurochirurgie CHU - Hôpital du Mali.

5 . Service de Neurochirurgie CHU Gabriel Toure

RESUME Les hydrocéphalies de l'enfant peuvent revêtir des tableaux cliniques particulièrement graves. Cependant les concepts de régénérescence neuronale et de neuroplasticité changent notre façon de poser un pronostic et de concevoir les fonctions du cerveau. La « régénérescence » cérébrale est peu décrite dans la littérature. Nous avons analysé les facteurs pouvant expliquer les évolutions radiologiques et cliniques favorables afin de re-situer les limites des indications chirurgicales « classiques ». Matériels et méthode : Nous avons réalisé une étude descriptive à visée prospective sur 210 enfants opérés et suivis entre 2010 et Août 2018. Nous avons sélectionné 35 dossiers d'hydrocéphalies graves dont la sévérité et le mauvais pronostic pré-opératoire ont été déterminés sur des critères clinico-radiologiques. Résultats : Tous les enfants avaient une hydrocéphalie compliquée (Etat général, important PC, Hydranencéphalie / Quasi absence de parenchyme, abcès ou pyocéphalie, durée pré-hospitalière etc..) et un pronostic défavorable. Malgré tout la demande restait forte pour l'intervention et le briefing était systématique avec la famille. Le suivi post opératoire a été marqué par le décès à moyen terme (quelques mois) de 11 patients(31,4%), mais surtout des évolutions favorables radiologiques et cliniques évoquant une véritable « régénérescence » cérébrale chez 11 enfants (31,4%) , y compris dans certains cas étiquetés comme hydranencéphalies. Conclusion : Malgré le retard diagnostique, un pronostic réservé et des indications limitées dans les cas graves d'hydrocéphalies, des évolutions favorables existent, avec une véritable « repousse cérébrale » radiologique, et amélioration clinique liées à la neuroplasticité cérébrale de l'enfant.

Mots clés : Hydrocéphalie, Régénérescence cérébrale, Neuroplasticité, Manteau cortical.

INTRODUCTION

Les hydrocéphalies évoluées de l'enfant (malformatives ou infectieuses), ainsi que les hydranencéphalies [1], entraînent des malformations majeures et une destruction du tissu cérébral. Le tableau clinique peut être grave et le pronostic initial est souvent considéré comme sombre, impliquant parfois l'abstention chirurgicale, sinon pire encore. Cependant, lorsque ces cas sont opérés, des évolutions post-opératoires cliniques et radiologiques favorables sont

observées. Notre étude a comme objectifs de décrire et de tenter de comprendre ces évolutions, en tenant compte des concepts de neuroplasticité [2, 3] et de régénérescence neuronale [4, 5], sur le plan fonctionnel et anatomique.

MATÉRIELS ET MÉTHODE

Entre 2010 et Août 2018, nous avons sélectionné 35 dossiers d'hydrocéphalies très évoluées, dont la gravité et le mauvais

pronostic pré-opératoire ont été déterminés avec comme principaux critères clinico-radiologiques : la présence d'une hydranencéphalie ou quasi absence de parenchyme à la TDM, un périmètre crânien (PC) très important, des tares ou infections graves associées (abcès, pyocéphalie), une évolution pré-hospitalière prolongée.

N'ont pas été retenus les patients qui n'ont pas pu être contactés ou ayant des informations insuffisantes (cliniques, scanner, dossiers médicaux). Les patients souffrant de malformations complexes néonatales organiques graves pouvant impacter le pronostic vital n'ont pas été retenus (problèmes cardiaques, rénaux etc..).

Les enfants ont été suivis en post opératoire à 1 mois, 3 mois et 1 an, avec un scanner cérébral (TDM) de contrôle comparatif, une mesure du PC, de l'Index d'Evans, ainsi qu'une enquête téléphonique pour les enfants trop éloignés géographiquement ou perdus de vue.

RÉSULTATS :

EPIDÉMIOLOGIE :

Les enfants provenaient de Bamako dans 48,6% des cas ainsi que d'autres régions du Mali. L'âge moyen au moment de la consultation était de 6,37 mois (15 jours à 36 mois, avec 94,3 % de moins de 1 an) et 54,3 % étaient de sexe féminin.

La grossesse a été suivie chez la mère dans seulement 40% des cas, avec des échographies prénatales effectuées dans 19% des cas. Une notion de consanguinité a été retrouvée dans 17 % des cas, avec un cas de mariage entre cousins (présentant deux cas de malformations neurologiques dans la fratrie).

CLINIQUE :

La macrocranie était le principal motif de consultation (32 cas, soit 91,4%). Tous les enfants avaient un retard de développement psychomoteur. La durée d'évolution de la pathologie avant consultation a été estimée à 6,72 mois.

IMAGERIE :

Nous avons noté 17 cas d'hydrocéphalies répertoriées comme « majeures » à la TDM, avec des complications associées (Abcès/empyème/Pyocéphalie, Infections sévères ou post DVP / VCS, Agénésie du corps calleux/hémisphérique), 7 cas d'hydranencéphalie.

Leur pronostic pré-opératoire a été jugé défavorable lors de l'exploration pré-opératoire (Tableau 1).

Signes cliniques de gravité	Effectifs	Pourcentage
Altération de l'état général	20	57,1%
Hydranencéphalie / Quasi absence de parenchyme	7 / 17	20 % / 48,5 %
Syndrome infectieux	17	50 %
important PC / Supérieur à 55	8	22,8 %
multi opérés compliqués	6	17,1 %
Crises comitiales/Troubles du tonus	5	14,2 %
Anémie sévère	4	11,42 %
Abcès ou pyocéphalie	4	11,4 %

Tableau 1 : Répartition des patients selon les signes de gravité.

Une notion de traitement « traditionnel » a été retrouvée dans 40 % des cas et 45,7 % de nos patients ont été pris en charge par le service social de l'hôpital.

L'étiologie prédominante était d'abord malformative (71,4 %), puis infectieuse (22,9 %).

TRAITEMENT :

Trois patients avaient bénéficié d'une Ventriculo-Cisternostomie (VCS) préalable dans d'autres structures et six ont été opérés à plusieurs reprises. Ainsi, 4 patients multi-opérés ont bénéficié d'une ablation de DVP infectée et de ponctions trans-fontanelles pendant quelques semaines au préalable, à visée diagnostique et curative pour vidange de pus (dans les cas de pyocéphalie) ou de LCS infecté, là où la gestion d'une DVE aurait été difficile.

Malgré le mauvais pronostic évoqué lors du briefing systématique avec la famille et consentement éclairé, la demande restait forte pour l'intervention. Tous les patients ont été opérés sous anesthésie générale avec pose d'une dérivation ventriculo-péritonéale (DVP) du LCS et une antibioprofylaxie poursuivie au moins 48 heures.

EVOLUTION :

L'évolution post-opératoire immédiate de nos patients a été favorable dans 95% des cas, 88,6 % à 3 mois (31 cas), ainsi que 57% de perdus de vue à un an (avant l'enquête).

Une TDM de contrôle post opératoire a été effectué chez 65,7 % de nos patients après 12 à 20 mois d'évolution. Les évolutions radiologiques du PC et l'index d'Evans sont répertoriées dans le tableau 2. A noter que l'index d'Evans pré-opératoire était supérieur à 0.8 chez 14 patients sur 23.

Paramètres	Moyenne	Minimum	Maximum
PC Pré-opératoire	52.97	42	71
PC Post-opératoire	51.50	45	60
Index d'Evans pré-op	0.80	0.57	1
Index d'Evans post-op	0.59	0.4	0.8

Tableau 2 : Répartition des patients selon le PC et l'Index d'Evans en pré et post-opératoire.

Le suivi post opératoire a été marqué par le décès à moyen terme (sup. 3 mois post-op.) de 11 patients, soit un tiers des cas (3 inf., 3hydran, 4maj), une ré-expansion cérébrale évidente dans un tiers des cas et une bonne évolution psychomotrice dans la moitié des cas.

Le devenir de 32 enfants est répertorié dans le tableau 3.

Types	Ré-expansion du parenchyme cérébral	Bonne évolution	Décès	Total
Hydranencéphalies	2	2	3	7
Hydrocéphalies « évoluées »	7	4	3	14
Méningite	1	2	2	5
Pyocéphalie	1	2	1	4
PC important	-	1	1	2
Total	11	11	10	32

Tableau 3 : Devenir des enfants opérés pour hydrocéphalies évoluées.

Dix enfants ont bénéficié d'une rééducation fonctionnelle et motrice, mais l'accès aux autres soins spécialisés a été très difficile (orthophonie, rééducation spécialisée etc..).

L'évaluation psychomotrice a porté sur 18 enfants en pré-opératoire et 20 en post-opératoire (57,1%), en notant l'aptitude la mieux cotée (Tableau 4): l'évolution psychomotrice post-opératoire a été jugée satisfaisante dans 42,9% des cas, mauvaise dans 11,4 % des cas.

Aptitude psychomotrice	Pré-op (18 cas)		Post-op (20 cas)	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Hypo/Hypertonie	15	83,3 %	3	15 %
Tenue de la tête	3	16,6 %	4	20 %
Assis	1	5,5 %	3	15 %
Ramper	0	0	6	30 %
Parler (Mots)	3	16,6 %	5	25 %
Parler (Phrases)	0	0	14	70 %
Jouer	5	27,7 %	20	100 %
Comprendre	2	11,1 %	18	90 %
Station Debout	0	0	3	15 %
Marche	1	5,5 %	4	20 %
Crises	1	5,5 %	1	5 %
Cécité	1	5,5 %	1	5 %

Tableau 4: Répartition selon l'évolution psychomotrice pré- et post-opératoire.

DISCUSSION

Les données épidémiologiques : l'âge moyen (6,37 mois) a été inférieur à celui retrouvé par d'autres auteurs [6, 7, 8, 9] et la macrocranie était plus fréquente (91,4 %), contre 84 % pour [6], ce qui évoque une évolution plus rapide de la maladie dans les cas sélectionnés. Le PC moyen dans notre série (52.97 cm) était comparable aux données de [6, 7, 8, 9], dont les études ont porté sur les hydrocéphalies « communes ». L'étiologie malformative a représenté

71.4 % des cas, ce qui est comparable aux données de Kettani (74,4%). On retrouvait la classique errance diagnostique, tradithérapie, pratiques mystiques, aggravation et retard de prise en charge, impliquant des tableaux graves d'hydrocéphalies évoluées, telles que décrites par différents auteurs [6].

La tomодensitométrie était notre critère majeur au vu des lésions cérébrales observées chez les enfants souffrant d'hydrocéphalies évoluées avec un index

d'Evans très important (quasi-absence de parenchyme) et d'hydranencéphalie. La genèse de ces hydrocéphalies majeures (ou évoluées) répond à des facteurs alimentaires, environnementaux, génétiques déjà décrits [10, 8]. Mais, elles peuvent parfois mimer radiologiquement, une hydranencéphalie, d'où la variabilité du diagnostic, le problème de définition et de classification de certains cas décrits dans la littérature [10].

La résolution du scanner semble limitée pour conclure ou non à une hydranencéphalie, le cortex restant souvent une membrane trop mince pour être visualisée. Celle-ci est rare (inf. à 1 cas / 10 000 naissances [11]) et différente de l'hydrocéphalie [1]: radiologiquement, les hémisphères cérébraux sont remplacés par une fine membrane [12]. L'étiologie est vasculaire congénitale (occlusion des artères carotidiennes internes) [13], l'infection intra-utérine [14] (CMV, VZV, rubéole, toxoplasme, herpès et syphilis), ou alors l'hypoxie foetale (exposition maternelle au CO / butane, nécrose tissulaire) [11]. La prise en charge est souvent l'abstention [10], vu le mauvais pronostic qui leur est associé, même si une survie a été décrite jusqu'à 32 ans (état végétatif) [15].

MAUVAIS PRONOSTIC, ÉVOLUTION PSYCHO-MOTRICE ET PLASTICITÉ CÉRÉBRALE :

Les lésions radiologiques observées (hydrocéphalies « évoluées », hydranencéphalies), sont censées avoir un mauvais pronostic initial vital et fonctionnel et constituent un critère habituel conduisant soit à discuter une interruption thérapeutique de la grossesse (difficile à mettre en pratique dans notre contexte [10]), soit à une abstention chirurgicale visant à récuser les enfants, en raison du postulat que le cerveau quasi-inexistant ou détruit n'a pas de possibilité de régénérer ou de s'adapter, afin d'assurer les fonctions essentielles à la vie de relation.

Cependant, malgré le très faible volume de parenchyme, l'évolution psychomotrice des enfants de la série a été remarquable avec acquisition de fonctions (tableau 4) qui n'auraient donc pas dû exister en théorie: diminution des troubles du tonus (83,3% à 15%), tenue de la tête, acquisition de la parole avec des phrases (0 à 70%), compréhension et communication avec l'environnement (11,1% à 90%), jeu (100%), déplacement/marche (20%), ramper (30 %), mémorisation du coran possible chez ou développement quasi-normal chez certains enfants malgré un cerveau de volume réduit radiologiquement.

Il est essentiel alors de rappeler que ces enfants ont été opérés en tenant compte de l'aspect psychosocial et culturel, voire religieux qui implique l'espoir malgré tout, la solidarité et qui interdit l'euthanasie ou la non-assistance. La survie de ces enfants a ainsi permis l'observation d'une évolution favorable imprévue psychomotrice et anatomique dans plus d'un tiers des cas. Par ailleurs, la méconnaissance de la pathologie, de par l'espoir qu'elle porte, bien que délétère sur le parcours des patients, joue finalement un rôle positif dans la forte demande de soins de la famille, malgré le pronostic réservé.

Peu d'études existent sur la plasticité cérébrale chez les hydrocéphalies évoluées et hydranencéphalies de l'enfant. Ce sont donc des modèles d'étude fortuits de la neuroplasticité (capacité du cerveau à se développer et à s'adapter dans la fonction), concept ne pouvant être envisagé qu'au cours du temps, en rapport avec le vécu et à l'apprentissage.

Les figures 1 à 5 illustrent des cas ayant eu une évolution psychomotrice et radiologique favorables avec augmentation notable du parenchyme dans des cas d'hydrocéphalies majeures ou d'hydranencéphalies.

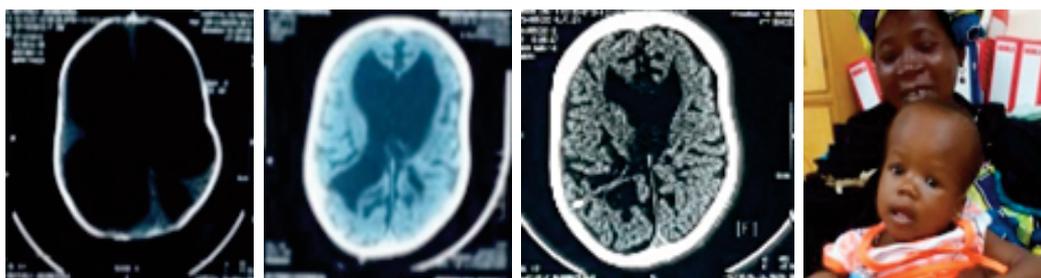


Figure 1 (a, b, c, d) : MB : a. Opérée à 4 mois, Hypotonique, Tient la tête. b. Post-op : épaississement important du cortex Evans: 0.9 à 0.7. c et d : évolution psychomotrice à 3 ans et TDM de contrôle à 5 ans (actuellement scolarisée): Marche, Parle, Comprend, Joue.

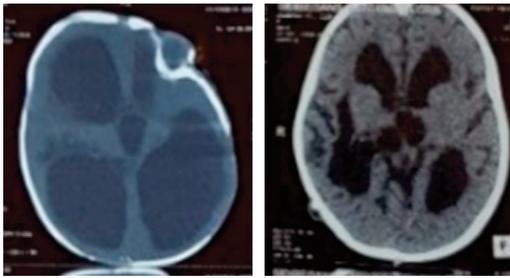


Figure 2 : a. F.S., Hydrocéphalie évolution très prolongée, opérée à 3 ans, Cécité, Mots, Joue, Crises. b. Evolution favorable, « repousse cérébrale » notable, diminution crises, Marche, Phrases, Comprend, Joue.

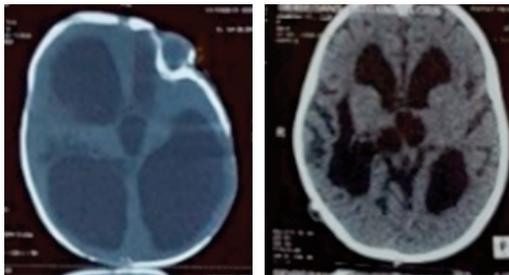


Figure 3: a. F.O., opéré à 2 -3 mois. b. Diminution Evans 0.7 à 0.3, PC stable, Station debout, Phrases, Comprend, Joue. Repousse cérébrale notable.

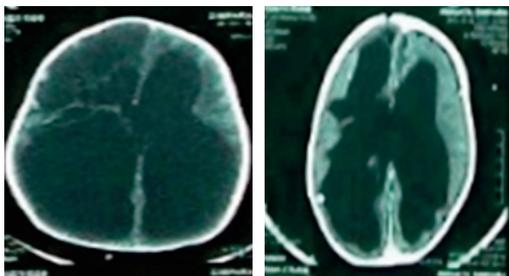


Figure 4 : Hydrocéphalie évoluée majeure, A.S : opérée à 3 mois, Ischémie, Macrocranie. Evolution favorable, Evans 0.6 à 0.5, diminution modérée du PC, debout, Phrases, Comprend, Joue

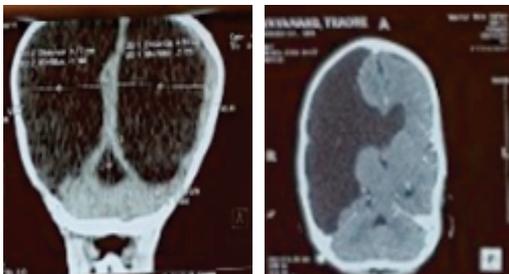


Figure 5 : a. Y.T.: 4mois, hypotonie, Retard psychomoteur important. B. Evolution favorable, Evans légèrement diminué, Rampe, parle, joue, comprend.

Chez l'un de nos patients, l'hémisphère cérébral droit était quasi absent sans que cela impacte la motricité ou les fonctions

élémentaires, cela pouvant s'expliquer par la déformation ou le compactage des aires concernées, puis s'est épaissi considérablement. Cela a été décrit par [16] chez de jeunes patients entre 5 et 10 ans, opérés pour hémisphérotomie. La rééducation intensive a permis la récupération progressive (fonctions sensorielles, motrices, cognitives (scolarité normale, vie professionnelle, mariage, enfants)).

PLASTICITÉ ET ÉVOLUTION DE LA MASSE CÉRÉBRALE

Les améliorations fonctionnelles pourraient donc s'expliquer par une adaptation progressive au cours du temps. Les hypothèses sont:

Un déplacement ou réarrangement de la topographie et taille des zones fonctionnelles :

Les aires et les réseaux de substance blanche existent toujours, mais ont changé de forme et de place au cours du temps, pouvant être « Aplatis » mais toujours fonctionnels. Ainsi, des exemples de plasticité adaptative ont été décrits : épaississement des régions impliquées dans le calcul et la représentation visuelle et spatiale à l'IRMf chez des mathématiciens [17], modifications fonctionnelles chez des sujets qui apprennent à jongler avec trois balles [18].

Il est donc reconnu que la taille, la forme ou l'épaisseur du cortex ne permettent pas de prédire le devenir et les capacités mentales d'un sujet [3]. Feuillet [2] a décrit un homme de 44 ans menant une vie normale, au cerveau limité à une très fine membrane, la DVP effectuée dans l'enfance étant non fonctionnelle et « Si les images du cerveau du patient avaient été connues dans son enfance, il aurait reçu l'étiquette de futur handicapé mental avec les conséquences que l'on peut imaginer » [3].

Création de connexions supplémentaires adaptatives:

Elles se font tout au long de l'apprentissage avec création de réseaux fonctionnels adaptés : on parle de re-spécialisation. Cent milliards de neurones existent à la naissance avec seulement 10% de connexions synaptiques [3], contrôlés par 6.000 gènes. La formation des 90 % de réseaux synaptiques supplémentaires dépend des stimulations qui créent des circuits « intégrés » nécessaires aux différentes fonctions (visuelles), d'où la plasticité par

l'apprentissage. [19, 20].

L'adaptation progressive au cours du temps des réseaux ou des structures « carrefour », nécessaires à la transmission des informations (thalami, noyaux gris, réseaux myélinisés surtout), pourraient donc expliquer l'amélioration des fonctions psychomotrices.

La plasticité peut être « cellulaire » avec multiplication ou modification de l'architecture cellulaire (création de nouveaux axones et augmentation de masse) :

la « régénéscence » cérébrale physique. Cela est rapporté par de nombreux auteurs sur des modèles expérimentaux, avec une reconstruction portant surtout sur la substance blanche. Des cas d' « épaissement du manteau cortical » [4, 5] plutôt que de « régénéscence » sont rapportés dans la littérature, souvent chez des modèles expérimentaux animaux. Ce terme ne traduit pas vraiment l'augmentation de masse cérébrale constatée dans notre étude en post-opératoire pouvant être qualifiée de très importante dans 10 cas, (figures 1 à 5), modérée dans 4 cas, et faible dans 7 cas.

L'involution très importante notable de l'Index d'Evans moyen chez 11 enfants (31,4%), de 0.80 en pré-opératoire (0.57 – 1) à 0.59 en post opératoire après 12 à 20 mois d'évolution (extrêmes de 0.4 à 0.8), ainsi qu'une diminution plus modérée du PC (de 52.97cm en pré- à 51,50 cm en post-opératoire), dénotent de l'augmentation de la masse cérébrale (portant probablement sur les réseaux myélinisés et le cortex) et pourraient intervenir dans l'amélioration des fonctions psychomotrices (figure 6).

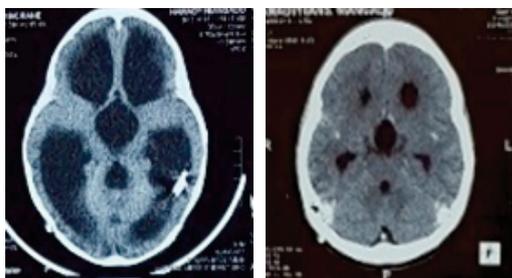


Figure 6 : Scanner pré- et post-opératoires montrant une augmentation très importante de la masse cérébrale chez un enfant (HN).

L'augmentation de la masse cérébrale ainsi constatée, correspond-elle à une augmentation des synapses et de la masse cellulaire myélinisée, ou corticale ? Existe-t-il une quantité « minimale » et « visualisable » pour le fonctionnement viable du cerveau ?

Malgré l'absence de modèles humains, certaines hypothèses existent : [5] a démontré que l'hydrocéphalie expérimentalement induite chez des animaux provoque des modifications histologiques (destruction axonale, démyélinisation et œdème dans la substance blanche). L'insertion d'un shunt permet une reconstitution importante du manteau cortical et de la substance blanche (régénération myélinique des résidus axonaux, prolifération astrogliale notable et réaction capillaire du mésenchyme à l'examen anatomopathologique) [4]. Cela suggère que la condition de la régénération du manteau cortical reste une intégrité corticale cellulaire. Les altérations de la barrière hémato-encéphalique avant shunt, sont améliorées par la réaction capillaire et la prolifération astrocytaire après la DVP (augmentation de l'aquaporine 4) chez le rat hydrocéphale [21]. Une régénéscence des cellules épithéliales des plexus choroïdes a aussi été décrite après shunt. [22].

Sur le plan cellulaire : D'importants réarrangements micro-structuraux adaptatifs et protecteurs ont également été décrits chez des modèles murins dans la substance blanche laminée, permettant une reconstruction de la géométrie de la substance corticale, d'où le rôle extrêmement important de l'IRM en tenseur de diffusion pour explorer ce mécanisme neuroprotecteur [23]. Cependant, l'IRM est une représentation de la réalité et reste subordonnée aux limites de la technologie et du volume de tissu explorable.

Au niveau moléculaire, il existerait aussi des changements au niveau de l'expression de protéines comme la GFAP, altérant les neurofilaments du cytosquelette. Ces altérations ne sont que partiellement restaurées par la DVP et pourraient expliquer la persistance de déficits cognitifs [24]. Une défaillance des systèmes de neurotransmetteurs, réversibles après DVP ont été aussi évoqués chez le rat [25].

Ainsi, les modifications structurelles des modèles expérimentaux et certaines évolutions favorables radiologiques et psychomotrices, remettent en question la prétendue stabilité des fonctions et des connections neuronales qui y sont liées [3], modifiant notre compréhension de la formation et de la croissance du cerveau.

Même s'il n'existe pas de critères pronostiques permettant de préjuger de l'évolution future de telles malformations,

la situation est plus complexe que l'évaluation d'un simple index pour décider d'opérer ou non un patient présentant une malformation majeure. Cependant, le mauvais pronostic peut être lié à un PC sup à 55cm, la présence d'une infection [26, 8], les tares génétiques : la consanguinité (17 % des cas au cours de notre étude), rapportée par d'autres auteurs [8], l'hydranencéphalie, un index d'Evans proche de 1 (3 décès sur 6 cas), la durée d'évolution, le retard de prise en charge.

Nous pouvons enfin nous demander, quels sont les facteurs influençant positivement la neuroplasticité du point de vue psychomoteur et la repousse du parenchyme cérébral chez ces patients ?

LIMITES DE L'ÉTUDE:

Opérer des cas aussi évolués pourrait être considéré comme une démarche quasi-expérimentale, non délibérée, empirique et une série d'observations «à postériori », d'évidence discutable, pouvant poser des problèmes éthiques et ne constituant pas forcément des preuves scientifiques. Des protocoles randomisés doivent être mis en place.

Nous pouvons espérer que dans notre contexte, en raison de familles élargies, malgré l'inexistence de structures de réadaptation, l'entraide est souvent importante pour s'occuper de ces hydrocéphalies évoluées. La rééducation fonctionnelle améliore le pronostic et de meilleurs résultats fonctionnels psychomoteurs auraient pu être notés. L'exploration fonctionnelle neuropsychologique n'a pas été approfondie dans notre étude.

CONCLUSION

Dans les hydrocéphalies évoluées, malgré les tableaux cliniques particulièrement graves, le retard diagnostique, le pronostic réservé et les indications limites, l'espoir reste permis. L'observation d'évolutions psychomotrices et radiologiques favorables mérite toute notre attention, car elles modifient notre conception du développement, du fonctionnement du système nerveux, ainsi que des indications chirurgicales, qui ne dépendent pas seulement d'une analyse grossière de l'imagerie (Index d'Evans, masse versus ventricules), mais doivent être plus fines et tenir compte de la possibilité

d'une variabilité anatomique, physiologique et psychomotrice selon les individus. Elles constituent un modèle d'étude pour la recherche sur la régénérescence et la neuroplasticité cérébrale en imagerie, neurophysiologie et neuropsychologie.

REFERENCES

1. CROME L. Hydranencephaly. *Dev Med Child Neurol.* 1972 Apr; 14(2):224-6.
2. FEUILLET L. ET COLL. 2007. « Brain of a white-collar worker », *Lancet*, vol. 307, p. 262.
3. CATHERINE VIDAL : La plasticité cérébrale : une révolution en neuro-biologie, *Spirale* 2012/3 (n° 63), p. 17-22. DOI 10.3917/spi.063.0017.
4. YAMADA H ET AL., Reconstitution of shunted mantle in experimental hydrocephalus. *Journal of Neurosurgery* 76(5):856-62 • June 1992 DOI: 10.3171/jns.1992.76.5.0856.
5. RUBIN R.C. Reconstitution of the Cerebral Cortical Mantle in Shunt corrected Hydrocephalus. *Developmental Medicine and Child Neurology.* Vol. 17, Issues35 December 1975 Pages 151- 6.
6. BROALET M YE , DROGBA L , KAOUDI A M, KONAN S , KONAN L , BOURGI H , HARO Y , BA ZEZE V. Profil Epidémiologique et étiologique de l'hydrocéphalie de l'enfant au service de Neurochirurgie du CHU de Yopougon à Abidjan. *AFRIQUE BIOMÉDICALE* 2016 Volume 21,N°2.
7. TAPSOBA T.L., SANONH., SOUBEIGA K.J., OUATTARAT.F., KABRÉ A., CISSÉ R.. Aspects épidémiologiques, cliniques et tomodensitométriques des hydrocéphalies chez les enfants de zéro à 15 ans. *Médecine nucléaire* Vol.34 n S 2010 p. e3 -e7
8. BA MC, KPELAO ES, THIOUB M, KOUARA M, THIAM AB, NDOYE N, SAKHO Y, BADIANE SB. Hydrocephalie post-méningitique du nourrisson a Dakar. *AJNS* 2012 Vol. 31, No 1.
9. KETTANI A. ET AL. Les hydrocéphalies en réanimation pédiatrique. Service de réanimation pédiatrique et néonatale polyvalente, Hôpital d'enfants, Rabat, Maroc. *J. Magh. A. Réa.*, Vol. XI-p.206

10. HODE L, GANDAHO HJP, YEKPE FP, ALIHONOU T, HOUESSOU GF, HADONOU A. A HOUNNOU M. G. Hydranencephalie a cotonou (Bénin) à propos de 3 cas cliniques. *African Journal of Neurological Sciences* 2013 - Vol. 32, No 2.
11. KURTZ AB, JOHNSON PT. Diagnosis please. Case 7: Hydranencephaly. *Radiology*. 1999; 210:419-22.
12. HEAK-WUN QUEK, PEN-HUA SU, TENG-FU TSAO, JIA-HUH CHEN, YAN-YAN NG, JUI-MING HU, SUH-JEN CHEN. Hydranencephaly associated with interruption of bilateral internal carotide arteries. *Pediatr neonatal* 2008; 49(2): 43-7.
13. SHARIF UM, SOUTHERN JF, GURURAJAN K, SEGALL HD. An unusual case of hydranencephaly presenting with an anterior midline cyst, a posterior calcified mass, cerebellar hypoplasia and occlusion of the posterior cerebral arteries. *Pediatr Radiol*. 2011;41:274-7.
14. CHEERAN MJ, LOKENSGARD JR, SCHLEISS MR. Neuropathogenesis of congenital cytomegalovirus Infection: disease mechanisms and prospects for intervention. *Clin Microbiol Rev* 2009; 22: 99-126.
15. COUNTER SA. Preservation of brainstem neurophysiological function in hydranencephaly. *J Neurol. Sci* 2007; 263:198-207.
16. BATTRO A.M. 2000. *Half a Brain is Enough*, Cambridge University Press.
17. AYDIN K. ET COLL. 2007. «Increased gray matter density in the parietal cortex of mathematicians », *Am. J. Neuroradiol.*, 28, 1859-64.
18. DRAGANSKI, B. ET COLL. 2006. «Temporal and spatial dynamics of brain structure changes during extensive learning», *J. Neuroscience*, 26, 6314- 6317.
19. KAHN A. 2007. *L'homme, ce roseau pensant*, Paris, Odile Jacob.
20. ROSE S. 2006. *The Future of the Brain*, Oxford University Press.
21. MCALLISTER J P, HARRIS C, ESKANDARI R. Reactive astrogliosis in feline neonatal hydrocephalus: Acute, chronic, and shunt-induced changes. Aug 2011.
22. DEL BIGIO MR Neuropathological changes caused by hydrocephalus. *Acta Neuropathol (Berlin)* Feb 1993. 85:573-585.
23. PONG A., BONGERS A., CHENG S., LAURIANE JUGÉ. Changes in Rat Brain Tissue Microstructure and Stiffness during the Development of Experimental Obstructive Hydrocephalus. Feb 2016 • PLOS ONE.
24. AOYAMA YI, KINOSHITA Y, YOKOTA A, HAMADA T. Neuronal damage in hydrocephalus and its restoration by shunt insertion in experimental hydrocephalus: a study involving the neurofilament-immunostaining method. *J Neurosurg*. 2006 May;104(5 Suppl):332-9.
25. SGOUROS S., MALUCCI C., WALSH A.R., HOCKLEY A.D., Long-term complications of hydrocephalus. *Pediatr. Neurosurg*. 1995;23:127-132.