



UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

ANNEE 2008

THESE N° 78

LA PLACE DE L'ENDOSCOPIE EN NEUROCHIRURGIE

THESE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE .../.../2008
PAR

Mlle. **Karima SAHIB**

Née le 31/07/1981 à Safi

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE

MOTS CLES

Ventriculocisternostomie – Chirurgie Mini – Invasive
Hydrocéphalie obstructive – Discectomie lombaire endoscopique.

JURY

Mr. **A. OUSEHAL**

Professeur de Radiologie

PRESIDENT

Mr. **S. AIT BEN ALI**

Professeur de Neurochirurgie

RAPPORTEUR

Mr. **M. SBIHI**

Professeur de Pédiatrie

Mr. **D. BOUMZEBRA**

Professeur agrégé de Chirurgie CardioVasculaire

Mr. **M. A. SAMKAOUI**

Professeur agrégé d'Anesthésie-Réanimation

Mr. **H. GHANNANE**

Professeur agrégé de Neurochirurgie

JUGES

Serment d'Hippocrate

Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.

Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus.

Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité. La santé de mes malades sera mon premier but.

Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.

Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.

Les médecins seront mes frères.

Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.

Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.

Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.

Je m'y engage librement et sur mon honneur.

Déclaration Genève, 1948.

UNIVERSITE CADI AYYAD
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE
MARRAKECH

DOYEN HONORAIRE	: Pr. MEHADJI Badie-azzamann
VICE DOYENS HONORAIRES	: Pr. FEDOUACH Sabah
	: Pr. AIT BEN ALI Said
	: Pr. BOURAS Najib

ADMINISTRATION

DOYEN	: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI
VICE DOYEN A LA RECHERCHE ET	: Pr. Ahmed OUSEHAL
COOPERATION	: Pr. Abdelmounaim ABOUSSAD
VICE DOYEN AUX AFFAIRES	
PEDAGOGIQUES	

PROFESSEURS D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

Pr. ABBASSI	Hassan	Gynécologie-Obstétrique
Pr. ABOUSSAD	Abdelmounaim	Pédiatrie
Pr. AIT BEN ALI	Said	Neurochirurgie
Pr. ALAOUI YAZIDI	Abdelhaq	Pneumo-phtisiologie
Pr. BELAABIDIA	Badia	Anatomie-Pathologique
Pr. BOUSKRAOUI	Mohamed	Pédiatrie
Pr. EL HASSANI	Selma	Rhumatologie
Pr. EL IDRISSE DAFALI	My abdelhamid	Chirurgie Générale
Pr. ESSADKI	Omar	Radiologie
Pr. FIKRI	Tarik	Traumatologie
Pr. KISSANI	Najib	Neurologie
Pr. KRATI	Khadija	Gastro-Entérologie
Pr. OUSEHAL	Ahmed	Radiologie
Pr. RAJI	Abdelaziz	Oto-Rhino-Laryngologie
Pr. SBIHI	Mohamed	Pédiatrie

Pr. SOUMMANI

Pr. TAZI

Abderraouf

Imane

Gynécologie-Obstétrique

Psychiatrie

PROFESSEURS AGREGES

Pr. ABOULFALAH	Abderrahim	Gynécologie – Obstétrique
Pr. AMAL	Said	Dermatologie
Pr. AIT SAB	Imane	Pédiatrie
Pr. ASRI	Fatima	Psychiatrie
Pr. ASMOUKI	Hamid	Gynécologie – Obstétrique
Pr. BEN ELKHAIAT	Ridouan	Chirurgie – Générale
Pr. BOUMZEBRA	Drissi	Chirurgie Cardiovasculaire
Pr. CHABAA	Leila	Biochimie
Pr. ESSAADOUNI	Lamiaa	Médecine Interne
Pr. FINECH	Benasser	Chirurgie – Générale
Pr. GHANNANE	Houssine	Neurochirurgie
Pr. GUENNOUN	Nezha	Gastro – Entérologie
Pr. LATIFI	Mohamed	Traumato – Orthopédie
Pr. LOUZI	Abdelouahed	Chirurgie générale
Pr. MAHMAL	Lahoucine	Hématologie clinique
Pr. MANSOURI	Nadia	Chirurgie maxillo-faciale Et stomatologie
Pr. MOUDOUNI	Said mohamed	Urologie
Pr. MOUTAOUAKIL	Abdeljalil	Ophtalmologie
Pr. SAMKAOUI	Mohamed	Anesthésie-Réanimation
Pr. SARF	Ismail	Urologie
Pr. YOUNOUS	Saïd	Anesthésie-Réanimation
Pr. AKHDARI	Nadia	Dermatologie
Pr. TAHRI JOUTEH HASSANI	Ali	Radiothérapie
Pr. SAIDI	Halim	Traumato - Orthopédie
Pr. NAJEB	Youssef	Traumato - Orthopédie

PROFESSEURS ASSISTANTS

Pr. ADERDOUR	Lahcen	Oto-Rhino-Laryngologie
Pr. ADMOU	Brahim	Immunologie
Pr. AMINE	Mohamed	Epidémiologie - Clinique
Pr. ATTAR	Hicham	Anatomie - Pathologique
Pr. BAHA ALI	Tarik	Ophtalmologie
Pr. BOURROUS	Monir	Pédiatrie
Pr. CHERIF IDRISSE EL GANOUNI	Najat	Radiologie
Pr. DAHAMI	Zakaria	Urologie
Pr. DIOURI AYAD	Afaf	Endocrinologie et maladies métaboliques
Pr. EL ADIB	Ahmed rhassane	Anesthésie-Réanimation
Pr. EL FEZZAZI	Redouane	Chirurgie - Pédiatrique
Pr. EL HATTAOUI	Mustapha	Cardiologie
Pr. EL HOUDZI	Jamila	Pédiatrie
Pr. ETTALBI	Saloua	Chirurgie - Réparatrice
Pr. HERRAG	Mohamed	Pneumo-Phtisiologie
Pr. KHALLOUKI	Mohammed	Anesthésie-Réanimation
Pr. LAOUAD	Inas	Néphrologie
Pr. LMEJJATTI	Mohamed	Neurochirurgie
Pr. MAHMAL	Aziz	Pneumo - Phtisiologie
Pr. MANOUDI	Fatiha	Psychiatrie
Pr. NEJMI	Hicham	Anesthésie - Réanimation
Pr. OULAD SAIAD	Mohamed	Chirurgie - Pédiatrique
Pr. TASSI	Nora	Maladies - Infectieuses
Pr. ZOUGARI	Leila	Parasitologie –Mycologie

ABBREVIATIONS

LISTE DES ABREVIATIONS

Ca	: Calcium
Cl	: Chlore
ECG	: Electrocardiogramme
IRM	: Imagerie par résonance magnétique
LCS	: Liquide Céphalo-Spinal.
Mg	:Magnésium
Nd-YAG	: Néodymium-Ythrium Aluminium Garnet
TDM	: Tomodensitométrie.
VIII	: 3 ^{ème} ventricule.
VIV	: 4 ^{ème} ventricule.
VCS	: Ventriculocisternostomie.

PLAN

<i>INTRODUCTION</i>	<i>1</i>
<i>I. HISTORIQUE</i>	<i>3</i>
1. VENTRICULOSCOPIE	3
1.1. Les prémices	3
1.2. Les pionniers	3
1.3. Les endoscopes	24
2. MYELOSOCPIE	9
<i>II. ANATOMIE ENDOSCOPIQUE</i>	<i>10</i>
1. LE SYSTEME VENTRICULAIRE	29
1.1. Les ventricules latéraux	29
a. La corne frontale	30
b. Le corps ventriculaire	30
c. Le carrefour et la corne occipitale	32
d. La corne temporale	33
1.2. Le foramen de Monro ou canal inter-ventriculaire	33
1.3. Le troisième ventricule	34
a. Le toit	34
b. Le plancher	36
c. La paroi antérieure du 3ème ventricule	36
d. La paroi postérieure du 3ème ventricule	37
e. La paroi latérale	19
f. Les rapports du 3ème ventricule	38
1.4. Le quatrième ventricule	39
1.5. L'aqueduc de Sylvius	41
2. LES PLEXUS CHOROÏDES	41
3. LES CITERNES CEREBRALES	42
3.1. La citerne chiasmatique	42
3.2. La citerne de la lame terminale	42
3.3. La citerne carotidienne	43
3.4. La citerne inter-pédonculaire	43
3.5. La citerne pontique	43
3.6. La citerne magna ou grande citerne	43
4. LA MEMBRANE DE LILIEQUIST	44
<i>5. ANATOMIE RACHIDIENNE</i>	<i>26</i>
<i>III. LA PHYSIOPATHOLOGIE DU LCS</i>	<i>28</i>
<i>IV. LE MATERIEL ENDOSCOPIQUE</i>	<i>31</i>
1. Présentation d'un endoscope	31
<i>1.1. Une optique de qualité</i>	<i>31</i>
<i>1.2. Un diamètre externe minimum</i>	<i>34</i>
<i>1.3. Une longueur adaptée</i>	<i>34</i>
<i>1.4. Un poids et un encombrement minimum</i>	<i>34</i>
<i>1.5. Un endoscope modulable</i>	<i>36</i>
<i>1.6. Plusieurs entrées pour les instruments et l'irrigation</i>	<i>36</i>
<i>1.7. Un bras articulé adapté</i>	<i>37</i>

<u>2. Présentation des instruments</u>	<u>37</u>
<u>2.1. Les sondes coagulantes</u>	<u>37</u>
<u>2.2. Les pinces à biopsie</u>	<u>40</u>
<u>2.3. Les pinces à préhension</u>	<u>40</u>
<u>2.4. Les microciseaux</u>	<u>40</u>
<u>2.5. Les sondes de ponction et canules d'aspiration</u>	<u>40</u>
<u>2.6. Les tubes optiques</u>	<u>40</u>
<u>3. Stérilisation d'un endoscope</u>	<u>41</u>
<u>4. Adjuvants</u>	<u>41</u>
<u>4.1. Stéréotaxie</u>	<u>41</u>
<u>4.2. Neuronavigation</u>	<u>43</u>
<u>4.3. Echographie</u>	<u>44</u>
<u>4.4. Laser</u>	<u>44</u>
<u>4.5. IRM de flux</u>	<u>46</u>
<u>V. DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE OPERATOIRE</u>	<u>46</u>
<u>1. Installation</u>	<u>46</u>
<u>2. Crâniotomie</u>	<u>47</u>
<u>3. Mise en place du neuroendoscope</u>	<u>49</u>
<u>4. Fermeture</u>	<u>49</u>
<u>VI. INDICATIONS DE L'ENDOSCOPIE EN NEUROCHIRURGIE</u>	<u>51</u>
<u>1. Hydrocéphalie</u>	<u>51</u>
<u>1.1. Ventriculocisternostomie</u>	<u>52</u>
<u>a. Généralités</u>	<u>52</u>
<u>b. Technique</u>	<u>56</u>
<u>c. Résultats (Expérience du service de Neurochirurgie au CHU Med VI de Marrakech)</u>	<u>59</u>
<u>1.2. Coagulation endoscopique des plexus choroïdes</u>	<u>62</u>
<u>a. Technique</u>	<u>62</u>
<u>1.3. Placement –ablation de cathéters ventriculaires par voie endoscopique</u>	<u>63</u>
<u>a. Généralités</u>	<u>63</u>
<u>b. Repérage du site idéal pour le placement du cathéter</u>	<u>64</u>
<u>c. Résultats</u>	<u>64</u>
<u>1.4. Hydrocéphalie multiloculaire</u>	<u>65</u>
<u>b. Traitement</u>	<u>66</u>

2. Kystes colloïdes intracrâniens 66

2.1. Généralités 66

2.2. Traitement endoscopique 67

a. Technique 68

3-Kystes arachnoïdiens intra-crâniens 72

3.1-Généralités 72

3.2-Traitements chirurgical et endoscopique 74

4-Hématomes intra-crâniens 76

4.1-Généralités 76

4.2-Traitement endoscopique 76

5-Endoscopie et pathologie tumorale 79

6-Pathologie de l'angle ponto-cérébelleux 88

7-Pathologie hypophysaire 89

7.1-Historique 89

7.3-Technique 90

7.4-Neuroradiologie et hypophyse 102

8-Diagnostic endoscopique et chirurgie des sinus paranasaux et de la base du crâne 103

9-Autres indications 106

9.1-La syringomyélie 106

9.2-La résection des malformations artério-veineuses et la cure d'anévrismes 106

10-Chirurgie endoscopique du rachis 107

10.1-Généralités 107

10.2-L'abord thoracoscopique du rachis dorsal 108

10.3-La discectomie lombaire endoscopique 116

(Résultats de l'expérience du service de neurochirurgie du CHU Med VI)

10.4-La nucléoscopie 124

10.5-L'abord rétropéritonéal endoscopique du rachis (lomboscopie) 124

10.6-La spondylodèse du rachis dorsal et lombaire 128

10.7-L'abord transpéritonéal laparoscopique du rachis lombaire 129

DISCUSSION 132

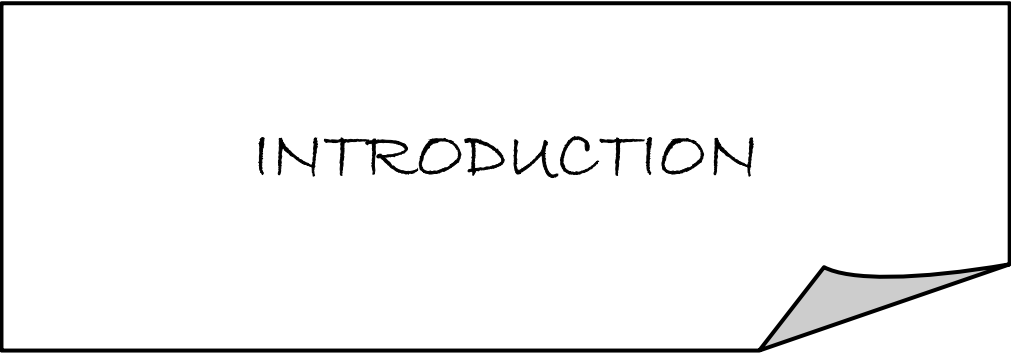
I-La neuroendoscopie à visée diagnostique 134

II- La neuroendoscopie à visée thérapeutique 136

CONCLUSION 167

RESUMES

BIBLIOGRAPHIE



INTRODUCTION

Dans toute chirurgie, la mortalité et la morbidité sont liées à trois paramètres essentiels : le terrain, la pathologie et l'acte chirurgical lui-même.

Pour ce qui est de l'acte chirurgical, l'évolution des idées a abouti à un concept selon lequel la chirurgie doit être la moins invasive possible (MIS : Minimal Invasive Surgery).

Dans ce sens, la chirurgie endoscopique s'est généralisée à toutes les spécialités dont la neurochirurgie où, parallèlement à la MIS, est né le concept de la Neurochirurgie la moins invasive : MIN (Minimal Invasive Neurosurgery), comprenant la neuroendoscopie et la chirurgie stéréotaxique.

En neurochirurgie, bien que les premières ventriculoscopies datent du début du 20^{ème} siècle, ce n'est que depuis ces vingt dernières années qu'elle est devenue intéressante puisque ses indications sont devenues de plus en plus larges et ses techniques se sont améliorées.

Le concept de la neuroendoscopie est surprenant étant donné que les ventricules, cavités creuses à l'intérieur du cerveau et remplies de liquide céphalo-spinal (LCS) sont idéaux pour une navigation endoscopique. Ainsi, l'apport fondamental de l'endoscopie est d'offrir une approche qui permette de voir et d'accompagner la main vers des régions difficilement accessibles, et ce, via des abords extrêmement réduits, inférieurs au centimètre.

Étant donné le regain d'intérêt pour cette technique depuis une vingtaine d'années, ainsi que les nouveaux matériels proposés, il nous a semblé très utile de revoir les techniques disponibles, de colliger les indications actuelles en mettant en exergue celles où la neuroendoscopie apporte une valeur ajoutée, mais aussi de préciser les limites et de dresser les perspectives de cette technique tellement prometteuse.

I. HISTORIQUE

1 – VENTRICULOSCOPIE

1-1 Les prémices

En 1806, BAZZINI a utilisé une canule urétérale à double courant, éclairée à la lumière de bougie et a réalisé ainsi la première tentative d'endoscopie.

En 1807, SEGELS et DESORMEAUX ont mis au point le premier procédé de focalisation lumineuse à l'aide d'un jeu de miroir à travers un spéculum génito-urinaire.

En 1870, NITZE a construit un tube contenant une succession de lentilles réalisant ainsi le premier endoscope. La source de lumière était fournie par une lampe à incandescence placée sur l'extrémité distale de l'endoscope. Cette lampe a été rajoutée à l'endoscope de NITZE par NEWTON de GLASCOW en 1880, trois ans après son invention par EDISON.

1-2 Les pionniers

L'histoire de l'endoscopie neurochirurgicale est intimement liée à celle du traitement de l'hydrocéphalie. La première tentative d'ablation des plexus choroïdes fut réalisée non pas par un neurochirurgien mais par un urologue audacieux de Chicago, plus connu pour ses travaux sur la transplantation testiculaire : Victor Darwin LESPINASSE, qui, en 1910, coagula les plexus choroïdes de deux enfants en utilisant un cystoscope pédiatrique ; l'un décéda en post-opératoire, l'autre survécut pendant 5 ans.

En 1918, DANDY déclara que l'hydrocéphalie pouvait être traitée par la destruction des plexus choroïdes. C'est ainsi qu'il réalisa quatre plexectomies « ouvertes », mais trois malades décédèrent dans les trois semaines post-opératoires. Il utilisa dans un premier temps un spéculum nasal éclairé par une lumière de CLAR puis un cystoscope de KELLY. Il avait vidé les ventricules du liquide céphalo-spinal (LCS) et procédé ensuite à l'ablation des plexus choroïdes.

C'est à cette occasion que DANDY créa pour la première fois le terme de ventriculoscopie, qu'il utilisa en 1922 pour coaguler les plexus choroïdes, mais cet essai fut gêné par un

saignement per-opératoire qui l'obligea à finir l'intervention à « ciel ouvert ». Néanmoins, avec le ventriculoscope, l'inspection était satisfaisante puisqu'il put explorer la presque totalité du ventricule latéral et visualiser le canal interventriculaire, la septum pellucidum et la totalité des plexus choroïdes y compris le glomus. Les vaisseaux étaient bien visibles aussi.

Malgré ceci, DANDY abandonna la méthode, déclarant que les investigations indirectes des ventricules notamment la ventriculographie, donnaient suffisamment de renseignements et que l'endoscopie ne pouvait être utilisée qu'occasionnellement.

En 1923, MIXTER, séduit par l'idée de DANDY d'ouvrir le plancher du troisième ventricule, le faisant ainsi communiquer avec la citerne inter-pédonculaire comme traitement de l'hydrocéphalie, utilisa un uréthroscope chez un nourrisson hydrocéphale de neuf mois. Il venait de réaliser la première ventriculocisternostomie endoscopique avec succès.

En Novembre 1922, FAY et GRANT (64) utilisèrent un cystoscope chez un nourrisson de dix mois. Après une première tentative à droite qui leur permit une bonne exploration ventriculaire, ils recommencèrent deux semaines plus tard à travers le lobe pariéto-occipital gauche. Ils réussirent à prendre six photographies noir et blanc, les premières de la structure ventriculaire interne dans l'hydrocéphalie. En 1935, SCARFF (184) utilisa son endoscope pour la coagulation des plexus choroïdes dans l'hydrocéphalie communicante. Il publia ses résultats chez cinq enfants. A chaque fois, il y avait une diminution du périmètre crânien. Deux enfants décédèrent (infection, choc transfusionnel) et les trois autres eurent de bonnes suites à 14, 6 et 2 mois.

A une reprise, cet auteur réalisa une ventriculocisternostomie endoscopique. Les suites immédiates furent simples et à six semaines, le périmètre crânien était redevenu nettement inférieur. Quelque temps plus tard, l'hydrocéphalie reprit et l'enfant décéda. L'autopsie révéla une fermeture cicatricielle de la stomie démontrant ainsi la nécessité d'une ouverture plus large.

En 1942, SCARFF publia ses résultats de coagulation endoscopique des plexus choroïdes sur sept ans : 48 interventions, 20 patients. La mortalité avait été rapportée à moins de 15% grâce à son système d'irrigation évitant le collapsus ventriculaire qui est une complication per-opératoire redoutable. Au cours des années suivantes, SCARFF continua à améliorer sa technique

et avec une meilleure sélection, il réussit à ramener la mortalité opératoire à moins de 5 % avec 80 % de résultats favorables (182). En 1970, trente cinq ans après ses premiers essais, SCARFF concluait que l'intérêt de la coagulation des plexus choroïdes par voie endoscopique ne résidait pas seulement dans le faible taux de mortalité opératoire et le taux élevé de guérison, mais surtout dans le faible taux de complications et le taux élevé de survie à long terme. PUTNAM, contemporain de SCARFF, avait son propre endoscope et s'était aussi intéressé au traitement de l'hydrocéphalie par coagulation des plexus choroïdes. Dès 1934, il avait publié une série de 7 patients traités endoscopiquement et chez qui un résultat encourageant sur la pression intracrânienne l'a incité à poursuivre cette technique avec en 1935, la publication des résultats de 43 endoscopies chez 22 patients. En 1943, il avait déclaré que la coagulation des plexus choroïdes réduisait régulièrement la pression intracrânienne et que le soulagement était suffisant pour prévenir la mort dans la plupart des cas. Il conclut que cette technique devait être essayée chez les enfants à niveau intellectuel encore satisfaisant car leurs chances étaient plus grandes.

Dès 1935, FELD (65) avait pratiqué la coagulation des plexus choroïdes en utilisant le ventriculoscope de SCARFF auquel il avait ajouté certaines modifications lui permettant de façon plus sûre d'éviter le collapsus ventriculaire. Il déclara en 1956 : « La visibilité intra-ventriculaire est excellente et en tant que méthode endoscopique cérébrale, la ventriculoscopie peut avoir de nombreuses applications en neurochirurgie ». En 1957, il avait publié une série de 18 interventions endoscopiques dont cinq chez des prématurés.

Alors que SCARFF coagulait les deux plexus choroïdes dans le même temps opératoire, FELD (65) comme INGRAHAM et MATSON (99) préféraient attendre huit jours pour coaguler le côté opposé.

Pour sélectionner les patients, FELD se basait sur le coefficient cortico-ventriculaire pour proposer ou récuser l'intervention. Malgré ceci, les résultats immédiats à savoir la fixation de l'hydrocéphalie ne correspondaient pas toujours à un résultat favorable à long terme.

1-3 Les endoscopes

Depuis les années 20, la ventriculoscopie n'a été pratiquée que par un petit nombre d'auteurs et pour une même indication : le traitement de l'hydrocéphalie. Dans ce but, plusieurs instruments ont été décrits par VOLKMANN, PUTNAM, SCARFF et FELD en France. L'éclairage intracrânien était fourni par une petite lampe à incandescence située à l'extrémité distale des endoscopes.

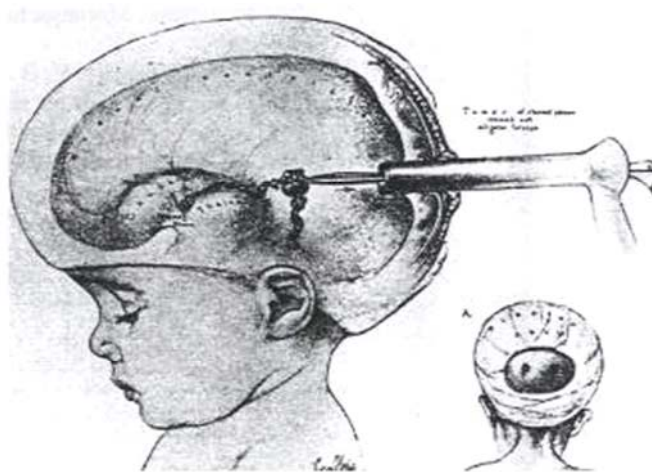
A partir des années 50, la ventriculoscopie a commencé à décliner à cause de ses taux élevés de morbi-mortalité, de la découverte d'autres sites de production du LCS, de l'amélioration de l'imagerie neuroradiologique rendant son côté explorateur caduque et surtout à cause du développement en 1951 par NULSEN et SPITZ des dérivations à valve qui ont bouleversé le pronostic de l'hydrocéphalie.

Les travaux de FOURESTIER et VULMIERE à l'Institut d'Optique de Paris en 1954 (44), sur les sources de lumière ont permis d'améliorer le matériel endoscopique en augmentant l'illumination tout en diminuant la taille des endoscopes. Le principe adopté fut de placer la source lumineuse non plus à l'extrémité distale du tube endoscopique comme elle l'était auparavant mais à l'extérieur de celui-ci, dans un carter où son intensité, beaucoup plus importante, pouvait être modifiée à volonté. La lumière était ensuite conduite dans l'endoscope par une tige en silice de petit calibre qui permettait de garder 88 % de l'intensité initiale. Le flux lumineux traverse un filtre à infrarouge, qui lui retire ses effets caloriques.

Vers 1960, Harold HOPKINS, professeur d'optique appliquée à l'Université de Reading en Grande Bretagne, a remplacé l'ancien système de NITZE qui utilisait des lentilles de verre dans l'air par des lentilles d'air dans le verre. Celui-ci permet une transmission de lumière dix fois meilleure par rapport à l'ancienne et la réalisation de documents photographiques et cinématographiques. HOPKINS a alors confectionné un télescope de 2,6 mm de diamètre externe qui constitue la base de l'endoneurochirurgie actuelle. Cette technique fut mise à profit par GUIOT qui entreprend d'exploiter les possibilités d'un endoscope « moderne » en neurochirurgie. Dès 1963, il rapportait son expérience de l'endoscopie pour la ventriculocisternostomie, la ponction des kystes colloïdes et le contrôle endoscopique de la

chirurgie des adénomes de l'hypophyse par voie rhinoseptale. Il étudia également l'apport et l'intérêt de l'abord endoscopique biportal. A ce titre, Gérard GUIOT peut être considéré comme un pionnier de l'endoscope neurochirurgical dans sa forme actuelle.

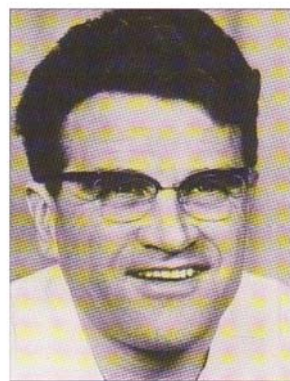
Peu après, la Machida Optical Company of Japan construit un guide lumière fait de 10000 fibres optiques (chaque fibre faisant 18 um de diamètre) qui permet de mettre au point un petit endoscope de 3,1mm de diamètre avec un diamètre externe de 3,6mm. Celui-ci a été utilisé expérimentalement en 1964 par OGATA (147) sur des chiens démontrant son innocuité lors de la traversée du parenchyme cérébral et ses possibilités thérapeutiques sur des hématomes expérimentaux.



Ablation d'une tumeur des plexus choroides par Dandy à l'aide d'un cystoscope utilisé comme ventriculoscope



Mixter



Guiot



Walter Dandy

2– MYELOSCOPIE

Le premier à avoir tenté l'endoscopie intra-rachidienne fut BURMAN en 1931(27) à l'aide d'un arthroscope sur 11 rachis frais de cadavres humains. En pénétrant entre D12 et L1, il put observer la face dorsale de la moelle avec ses vaisseaux. A ce niveau, il ne put voir le cône médullaire qu'une fois. Avec une pénétration lombaire basse, il put observer la queue de cheval mais de façon moins nette. L'arthroscope était trop gros pour être utilisé chez un être vivant, il le proposa alors comme aide diagnostique en post-mortem lorsque le rachis ne pouvait pas être prélevé.

En 1936, STERN (195), un anatomiste, à l'aide d'un endoscope qu'il nomma spinoscope et qu'il utilisa aussi pour l'exploration intra-rachidienne lombaire sur des cadavres humains, réalisa sous rachianesthésie l'exploration du canal lombaire bas. Mais, la première endoscopie intra-rachidienne in vivo fut réalisée par POOL (160), d'abord à l'aide d'un otoscope rattaché à une canule introduite dans le canal rachidien, puis, s'inspirant de l'instrument de STERN qu'il avait modifié, il réalisa un endoscope qu'il appela « myéloscope ». De 1938 à 1942, il pratiqua près de 400 myéloscopies. Il put ainsi décrire les structures normales : la moelle lombaire, la queue de cheval, le cône médullaire, les racines postérieures, la dure-mère, l'arachnoïde et les racines extra-durales.

Il remarqua la direction opposée des flux sanguins artériel et veineux d'une racine, leur arrêt ou leur inversion lors de l'effort, il visualisa aussi les structures pathologiques : arachnoidite, névrite, hernie discale, varicosités, granulomes et tumeurs. Grâce à son myéloscope, il pouvait éviter une laminectomie exploratrice en différenciant les lésions opérables de celles non opérables.

L'exploration endoscopique du canal rachidien visait à éviter les désagréments des radiographies avec opacification par des produits de contraste. Mais, quand le pantopaque® remplaça le lipiodol®, la myéloscopie fut abandonnée.

En 1974, OLINGER et OHLHADER (152) décrivent un endoscope aiguille (*fiber optic needle endoscop*) qu'ils utilisent chez cinquante chiens et six cadavres humains. Cet endoscope était

assez petit pour passer dans une aiguille à ponction lombaire de 17gauge. Il contenait un système de transmission de lumière, un système optique et un petit canal opérationnel. Ils décrivent les différentes structures traversées et purent prendre des photographies et des enregistrements vidéo. Ils donnèrent les applications potentielles de ce système dans le traitement des douleurs chroniques, réalisant des myélotomies et des cordotomies endoscopiques, dans le traitement et l'exploration des vessies neurologiques par l'implantation endoscopique d'électrodes ou de prothèses électroniques de stimulation du cône médullaire, dans le traitement de la spasticité par destruction endoscopique des afférences sensitives et dans le domaine de la recherche en traumatologie médullaire.

II. ANATOMIE ENDOSCOPIQUE

Le cerveau est doté de cavités naturelles (ventricules et citernes), remplies de LCS, et se prête de ce fait parfaitement à la navigation endoscopique.

La voie d'abord la plus classique en endoscopie est la voie frontale, plus rarement par la corne occipitale. En introduisant l'endoscope dans la corne frontale du ventricule latéral, le canal inter-ventriculaire (ou foramen de Monro) est aisément repéré. En effet, autour de celui-ci, trois structures forment une configuration en Y : la veine septale sur son côté médial, la veine thalamo-striée sur son côté latéral et le plexus choroïde sur le plancher du ventricule latéral. Ces trois structures convergent vers le bord postérieur du foramen de Monro. Avec un endoscope flexible et dirigeable, on peut aisément explorer le ventricule latéral depuis la corne frontale jusqu'au carrefour.

Au niveau de la corne frontale, les structures à éviter sont les structures nerveuses elles-mêmes, avec une attention particulière pour les piliers du trigone et les veines superficielles sous-épendymaires de la tête du noyau caudé et les veines septales antérieures qui sont particulièrement vulnérables.

Sous endoscopie, la veine choroïdienne et le glomus sont clairement visibles. Ces plexus choroïdes sont attachés à ce niveau à la fimbria fornicis et au taenia choroïdien du thalamus. En

traversant le canal inter-ventriculaire, on arrive à une vue standard de la moitié antérieure du troisième ventricule et en cas d'hydrocéphalie, on perçoit à travers un plancher fin la terminaison du tronc basilaire.

En manipulant un endoscope flexible vers l'arrière ou un endoscope rigide angulé, on peut voir les tubercules mamillaires paires et sphériques en arrière du tuber cinereum. Plus en arrière, la paroi postérieure du troisième ventricule paraît formée de bas en haut par l'aqueduc de Sylvius, la commissure blanche postérieure, la glande pinéale et ses récessus, la commissure de l'habénula et le récessus supra-pinéal. La commissure postérieure est au-dessus de l'anus de l'aqueduc. Quand l'endoscope est incurvé en haut, le toit du troisième ventricule est visible avec la veine de Galien et les deux veines cérébrales internes.

Dans l'hydrocéphalie, les ventricules changent de forme et de couleur. A cause de la dilatation, la majeure partie des ventricules latéraux peut être examinée endoscopiquement. Par contre, en cas de processus inflammatoire, l'épendyme peut être complètement dédoublé de fausses membranes rendant difficile le repérage des veines sous-épendymaires sous endoscope.

La commissure grise inter-thalamique est inexistante dans l'hydrocéphalie ce qui est un avantage pour l'exploration de la paroi postérieure, spécialement l'aqueduc de Sylvius, mais la vue à ce niveau d'un anus apparemment libre n'exclut pas une sténose de l'aqueduc de Sylvius située plus bas.

1 – LE SYSTEME VENTRICULAIRE

1-1 Les ventricules latéraux (23)

Ce sont des cavités paires, situées en profondeur des hémisphères cérébraux. Ils ont la forme d'une courbe en fer à cheval à concavité antérieure, circonscrivant la convexité du noyau caudé. Chaque ventricule latéral est subdivisé en cinq parties : une corne frontale, une corne temporale, une corne occipitale, un corps ventriculaire et un carrefour ou atrium.

a- La corne frontale

Située en avant du foramen inter-ventriculaire, elle est longue de 6 à 7cm et décrit une légère courbe à concavité externe, du bec du corps calleux au carrefour ventriculaire, elle présente trois parois :

- ❖ la paroi médiale est formée par le septum pellucidum.
- ❖ la paroi latérale est formée par la tête du noyau caudé.
- ❖ la paroi antérieure est constituée par le genou du corps calleux.

A ce niveau, les repères veineux sont :

- Les veines septales antérieures : elles se trouvent au niveau du toit et de la paroi antérieure. Elles se dirigent ensuite vers le foramen inter-ventriculaire où elles se jettent au niveau de son bord postérieur dans la veine cérébrale interne.
- Les veines caudées antérieures : elles se trouvent au niveau de la jonction toit-paroi latérale de la corne frontale. Elles se dirigent en dedans et en arrière vers le foramen inter-ventriculaire en se drainant vers la veine thalamo-striée.

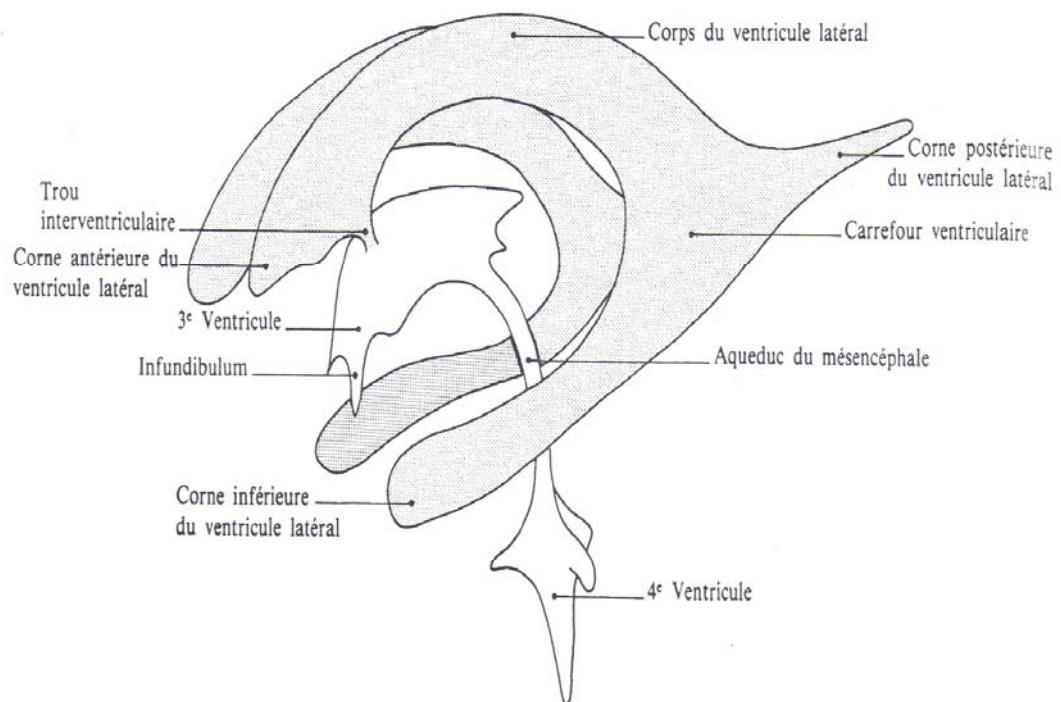
b- Le corps ventriculaire

Il s'étend du foramen inter-ventriculaire en avant, au carrefour en arrière.

- Son toit est formé par le corps calleux.
- Sa paroi médiale est formée par le septum pellucidum.
- Sa paroi latérale est formée par le corps du noyau caudé.
- Son plancher est formé par le thalamus.

Entre le noyau caudé et le thalamus circulent la strie terminalis et la veine thalamo-striée dans le sillon thalamo-strié.

Les deux importants repères veineux à ce niveau sont les veines thalamo-striée et thalamo-caudée. La veine thalamo-striée forme avec la veine cérébrale interne l'angle veineux le plus constant des repères angiographiques du foramen ou canal inter-ventriculaire. La veine thalamo-striée provient d'affluents qui drainent la paroi latérale du corps et se dirige en avant dans le sillon thalamo-strié entre le thalamus et le noyau caudé



Vue d'ensemble du système ventriculaire intra-crânien (vue par l'avant et la gauche)

vers le canal inter-ventriculaire où elle se coude brutalement en arrière pour se terminer dans la veine cérébrale interne. Dans certains cas, la veine thalamo-striée peut se jeter dans la veine cérébrale interne en traversant la fissure choroïdienne bien en arrière du canal inter-ventriculaire évoquant un faux déplacement en arrière à l'angiographie. La veine thalamo-caudée circule sur la paroi latérale et le plancher du corps vers le canal inter-ventriculaire où elle se jette dans la veine cérébrale interne.

c- Le carrefour et la corne occipitale

Ils forment ensemble une cavité pyramidale avec le sommet enfoui dans le lobe occipital et la base formée par le pulvinar.

Le carrefour s'ouvre en avant dans le corps ventriculaire au-dessus du thalamus, dans la corne temporale au-dessous du thalamus et en arrière dans la corne occipitale.

✚ Le carrefour :

- ❖ Son toit est formé par le corps calleux : splénium et tapetum du corps calleux.
- ❖ Sa paroi médiale est formée, en haut par le bulbe du corps calleux (empreinte du forceps major) et en bas par le calcar avis (empreinte du sillon calcarin).
- ❖ Sa paroi latérale est formée par le noyau caudé en avant et le tapetum en arrière.
- ❖ Sa paroi antérieure est formée par les piliers du fornix en dedans et le pulvinar en dehors.
- ❖ Le plancher est formé essentiellement par le trigone.

✚ La corne occipitale :

Elle a une paroi médiale formée par le bulbe du corps calleux et le calcaravis. Son toit et sa paroi latérale sont formés par le tapetum. Son plancher est constitué par le trigone.

Les repères veineux à ce niveau sont :

- ❖ les veines atriales latérales : drainant la paroi antérieure et les parois latérales de l'atrium et de la corne occipitale.
 - ❖ les veines atriales médiales : se dirigeant en avant dans la paroi médiale de la corne occipitale en direction de la fissure choroïdienne.
-

d- La corne temporale

Elle est longue de 3 à 4 cm, elle apparaît à la coupe comme un croissant à concavité inféro-interne et présente deux parois :

- ❖ supéro-externe : tapissée par la queue du noyau caudé en haut et par les radiations des fibres d'association du tapetum en bas.
- ❖ inféro-interne : essentiellement formée par la corne d' Ammon. La partie latérale de ce plancher ventriculaire forme l'éminence collatérale ou Eperon de Meckel.

Quant au bord interne de la corne temporale, il répond à la partie latérale de la fente de Bichat.

1-2 Le foramen de Monro ou canal inter-ventriculaire

Il s'agit d'un canal elliptique, aplati d'avant en arrière, dirigé transversalement en dedans et en bas. Il présente une double courbure : l'une à concavité médiale et l'autre moins marquée à concavité postérieure.

Le canal inter-ventriculaire est d'emblée recherché par l'endoscope introduit dans le ventricule latéral. La première structure reconnaissable est constituée par les plexus choroïdes.

Le canal inter-ventriculaire est situé entre le thalamus et le trigone et constitue la porte d'entrée du 3^{ème} ventricule. Il mesure 4 à 5mm de long et 4 à 6mm de diamètre en moyenne. Les variations de sa forme et notamment de son orifice externe sont essentiellement dues aux différences de la partie antérieure du thalamus d'un sujet voire d'un côté à l'autre.

La direction des deux canaux inter-ventriculaires est sujette à des variations et ils peuvent prendre l'un par rapport à l'autre un aspect variable surtout au niveau de leur abouchement interne : rarement presque horizontaux, en « T », dirigés en dedans, permettant le passage direct d'un ventricule latéral à l'autre (c'est la variation anatomique qu'avait décrite Monro). L'angle entre les deux canaux dans le plan frontal varie de 25° à 80°, dans le plan sagittal, l'angle du grand axe du canal par rapport à l'horizontale est de 35° environ et de 160° par rapport à celui de l'aqueduc du mésencéphale.

1-3 Le troisième ventricule (23)

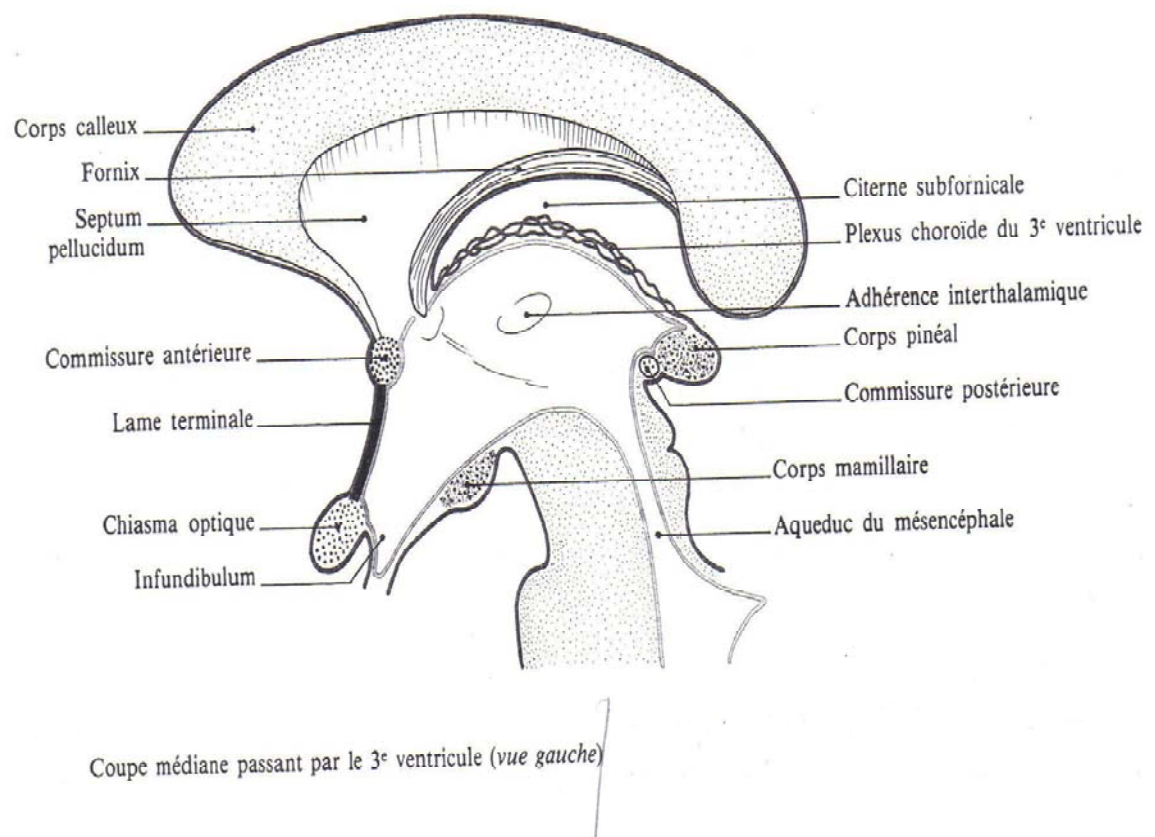
C'est la cavité épendymaire du mésencéphale. Sa forme est celle d'un entonnoir aplati transversalement, à base supérieure et à sommet inférieur. Sa cavité, très réduite, est traversée par la commissure grise et ne contient que 3 à 5 CC de LCS. Il mesure 3cm de long, 2,5cm de haut et 0,5cm de large. Il est intimement lié au cercle de Willis et à ses branches, à la grosse veine de Galien et à ses affluents. On lui décrit un toit, un plancher, une paroi antérieure, une paroi postérieure et deux parois latérales.

a- Le toit

Triangulaire à base postérieure, il s'étend entre les deux thalami. Il est formé essentiellement par la membrane épendymaire qui se condense en deux formations :

❖ La membrana tectoria : fixée latéralement sur les deux habenulae, limitée en avant par les piliers antérieurs du trigone, en arrière par la commissure inter-habénulaire et la face supérieure de l'épiphyse.

La toile choroïdienne supérieure : forme une lame à deux feuillets dont l'inférieur adhère intimement à la membrana tectoria, et dont le supérieur tapisse la face inférieure du trigone cérébral. A l'intérieur, circulent les deux plexus choroïdes médians qui font saillie dans la cavité ventriculaire et encadrent les deux veines cérébrales internes ou veines de Galien ; celles-ci se réunissent derrière l'épiphyse en un tronc commun, la grande veine cérébrale.



b- Le plancher

Très étendu, il est formé d'avant en arrière par :

- ✓ le chiasma optique, au-dessus duquel s'enfonce le récessus optique du ventricule.
- ✓ le tuber cinereum, au-dessus duquel s'enfonce l'infundibulum jusqu'à la tige pituitaire.
- ✓ les deux tubercules mamillaires.
- ✓ l'espace perforé postérieur.
- ✓ les pédoncules cérébraux.

Dans le plancher du 3^{ème} ventricule se trouvent les différents noyaux de l'hypothalamus : péri-tubériens et péri-mamillaires.

c- La paroi antérieure du 3^{ème} ventricule

Elle s'étend du bord antérieur des canaux interventriculaires (foramens de Monro) au bord supérieur du chiasma optique. La lamina terminalis, qui est une mince feuille de substance grise et de pie-mère tendue entre le chiasma et le rostrum du corps calleux, forme avec le chiasma les 2/3 de la paroi antérieure visibles de l'extérieur, le 1/3 supérieur restant caché par le rostrum.

Une fois le canal interventriculaire clairement identifié, il est simple de pénétrer à l'intérieur du 3^{ème} ventricule. Une fois passé le foramen de Monro, il est indispensable de s'abstenir de toute manœuvre intempestive pouvant endommager ses pourtours que l'on peut oublier, ces structures n'étant plus visibles. Le béquillage vers l'avant peut déformer le pilier antérieur du fornix, le béquillage vers l'arrière peut endommager l'angle veineux pouvant être source d'hémorragies difficilement contrôlables.

Orienté à 30° vers l'avant, l'endoscope permet de visualiser toute la paroi antérieure du 3^{ème} ventricule et la partie antérieure du plancher. On identifie ainsi, de haut en bas, la commissure blanche antérieure, le relief du chiasma puis l'orifice rosé du récessus infundibulaire.

Juste en arrière du récessus, se trouve une zone de substance blanchâtre, le tuber cinereum. Entre celui-ci et la saillie des corps mamillaires, se trouve la besace pré-mamillaire. C'est à la partie antérieure de celle-ci que doit être réalisé l'orifice de la ventriculocisternostomie, immédiatement en arrière du relief du dorsum sellae que l'on aperçoit parfois. La besace pré-mamillaire est parfois très réduite ou au contraire très étendue, voire profonde. Les corps mamillaires sont parfois très espacés l'un de l'autre avec un relief moins marqué.

d- La paroi postérieure du IIIème ventricule

Elle s'étend du récessus supra-pinéal en haut à l'orifice de l'aqueduc de Sylvius en bas. On observe de haut en bas : le récessus supra-pinéal, la commissure habénulaire, le corps pinéal et son récessus, la commissure postérieure et l'orifice de l'aqueduc de Sylvius.

En retournant l'endoscope avec son optique à 30° vers l'arrière, on observe immédiatement l'accolement inter-thalamique qui barre la lumière du 3^{ème} ventricule. Cet accolement est parfois très volumineux ou bien absent dans 25 % des cas. En passant cet accolement, on peut apercevoir la paroi postérieure du III^{ème} ventricule avec l'orifice de l'aqueduc de Sylvius et la commissure blanche postérieure. En l'absence d'accolement inter-thalamique, on peut facilement apercevoir le récessus pinéal, la commissure habénulaire et la toile choroïdienne formant le toit du III^{ème} ventricule.

Si ces structures sont observables, elles ne sont pas toujours atteignables, surtout avec un endoscope rigide introduit par un trou de trépan coronal. Si un endoscope flexible paraît plus maniable et dirigeable pour atteindre cette région, son introduction vers la partie postérieure du III^{ème} ventricule et a fortiori vers la région aqueductale voire le 4^{ème} ventricule, fait courir un risque non négligeable de lésion de l'accolement inter-thalamique et des pourtours du foramen de Monro.

e- La paroi latérale

Verticale, parcourue du trou de Monro à l'aqueduc de Sylvius par un sillon curviligne, à convexité inférieure ; le sillon de Monro qui délimite deux étages :

- supérieur ou thalamique : limité en haut par le taenia thalami, et correspondant aux noyaux médiaux du thalamus.
- inférieur ou hypothalamique : longé par le pilier antérieur du trigone, qui gagne de chaque côté le Tubercule mamillaire. En avant, il entre en rapport avec la substance grise de la région infundibulo-tubérienne.

f- Les rapports du IIIème ventricule

f-1 Les rapports artériels :

La paroi antérieure du IIIème ventricule entretient des rapports intimes avec la partie antérieure du cercle de Willis, l'artère communicante antérieure et les artères cérébrales antérieures.

La partie postérieure du cercle de Willis et le sommet du tronc basilaire affleurent le plancher du 3ème ventricule.

❖ Les artères cérébrales et communicantes antérieures :

Les deux artères cérébrales antérieures passent en avant de la lamina terminalis et de la paroi antérieure du IIIème ventricule. Les artères cérébrales antérieures et l'artère communicante antérieure donnent des branches pour la paroi antérieure du IIIème ventricule et pour les structures avoisinantes : hypothalamus, fornix et noyau caudé.

❖ L'artère cérébrale postérieure :

Elle se distribue aux formations de la base et à la région du mésencéphale.

Les artères thalamo-perforantes, branches de l'artère cérébrale postérieure, irriguent la partie postérieure du plancher et les parois latérales du IIIème ventricule.

❖ L'artère hypophysaire supérieure :

Elle naît de la carotide interne et se dirige en dedans vers le plancher du IIIème ventricule pour atteindre le tuber cinereum.

f-2 Les rapports veineux :

Les veines cérébrales internes, les veines basales de Rosenthal et la veine de Galien constituent les principaux rapports veineux du III^{ème} ventricule.

➤ La veine cérébrale interne :

Elle naît au niveau du trou de Monro, chemine sur le toit du III^{ème} ventricule entre les deux feuillets de la toile choroïdienne. Elle rejoint son homologue sur la ligne médiane pour former l'ampoule de Galien.

➤ La veine basale de Rosenthal :

Elle naît au niveau de l'espace perforé antérieur et se dirige vers la partie antérieure du pédoncule cérébral. Elle se jette dans la veine de Galien.

➤ La veine de Galien :

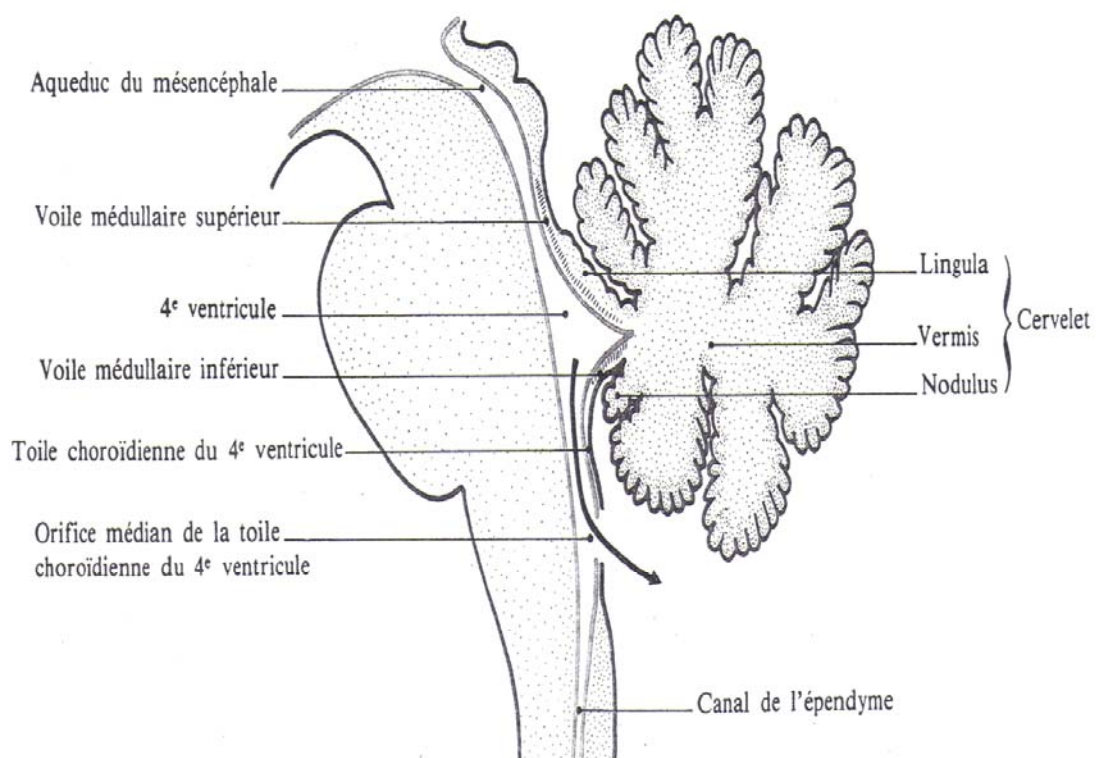
Elle naît de la fusion des deux veines cérébrales internes. Elle mesure 1cm de long et 0,5cm de diamètre et décrit une courbe à concavité supérieure. Elle se jette dans le sinus droit.

1-4 Le quatrième ventricule (22, 23) :

Cavité épendymaire du bulbe et de la protubérance, le IV^{ème} ventricule est recouvert en arrière par le cervelet. Il communique en haut avec le III^{ème} ventricule et en bas avec le canal de l'épendyme. Il a la forme d'un losange avec un triangle supérieur pontique et un triangle inférieur bulbaire. On lui décrit un plancher, un sommet, un toit, quatre côtés et quatre angles.

• Le plancher :

Est caractérisé par la présence des noyaux de certains nerfs crâniens : le grand hypoglosse, le moteur oculaire externe, le glossopharyngien, le pneumogastrique en plus des noyaux vestibulaires et cochléaires et des stries acoustiques.



Coupe médiane passant par le tronc cérébral, le vermis cérébelleux et le 4^e ventricule (*vue gauche*).

Le sommet :

Recouvert d'épendyme, il est situé entre les pédoncules cérébelleux sous la lingula et au-dessus du nodulus.

Il s'enfonce en coin à l'intérieur de la face ventrale du vermis cérébelleux.

- Le toit :

La partie supérieure du toit est formée par une lame nerveuse épaisse : la valvule de Vieussens. A la partie inférieure, la lame nerveuse de recouvrement est interrompue en trois fragments : la valvule de Tarin et les ligulas.

Latéralement, il existerait de chaque côté un orifice analogue, le trou de Luschka.

Le trou de Magendie est situé à la partie la plus basse du toit, il permet au LCS de passer du IV^{ème} ventricule à la grande citerne.

1-5 L'aqueduc de Sylvius

C'est la cavité du mésencéphale. Il fait communiquer le IV^{ème} ventricule avec le III^{ème} ventricule. Son diamètre est de 1,5mm environ. Sa longueur est de 15 à 20 mm.

Il suit un trajet oblique en haut et en avant et a une concavité antéro-inférieure. Il est limité en avant par la formation réticulaire, le faisceau longitudinal médial et les noyaux des nerfs oculo-moteurs, et en arrière par la lame quadrijumelle.

2- LES PLEXUS CHOROÏDES (22)

L'intérieur des cavités ventriculaires est tapissé par la membrane épendymaire que soulèvent en certains points des saillies rougeâtres, villeuses : les plexus choroïdes.

Ils sont constitués par des villosités formées d'une anse vasculaire située dans un stroma conjonctif. C'est à leur niveau que se fait la sécrétion du LCS qui est de l'ordre d'1 litre /24h. Sa pression est comprise entre 100 et 150 mm d'eau en position allongée et entre 200 et 300 en position assise.

Le LCS assure une protection liquidienne du système nerveux central, et pourrait jouer un rôle dans la conduction de l'influx nerveux et l'élimination de produits de désintégration. Les

plexus choroïdes latéraux forment deux cordons latéraux qui bordent la toile choroïdienne supérieure, dans le sillon choroïdien. Ils présentent :

- ✓ une branche frontale : qui se continue au niveau du trou de Monro avec les plexus choroïdes médians.
- ✓ une branche temporale : qui n'atteint pas le sommet de la corne.
- ✓ un épaississement ou glomus, situé dans le carrefour, en direction de la corne occipitale.

Au niveau du III^{ème} ventricule, le plexus choroïde fait saillie dans le feuillet inférieur de la toile choroïdienne. Les plexus choroïdes sont vascularisés par deux artères choroïdiennes antérieure et postérieure et drainés par les veines choroïdiennes supérieure et inférieure.

3- LES CITERNES CEREBRALES

Le système nerveux central est enveloppé par trois structures membraneuses disposées en couches : la pie-mère (la plus interne), l'arachnoïde puis la dure-mère.

L'espace sous-arachnoïdien, entre l'arachnoïde et la pie-mère contient du LCS où baignent les structures vasculo-nerveuses afférentes et efférentes. Cet espace sous-arachnoïdien est surtout développé au niveau de la base du crâne où des membranes, trabéculations et septa le divisent en compartiments appelés citernes, les plus importantes en ce contexte sont :

3-1 La citerne chiasmatique

Limitée en avant par le gyrus et en bas par la membrane de LILIEQUIST. Elle contient les nerfs optiques, le chiasma, l'infundibulum tubérien, le tuber cinereum, le récessus optique du 3^{ème} ventricule et l'origine des artères cérébrales antérieures.

3-2 La citerne de la lame terminale

Située en avant de la paroi antérieure du III^{ème} ventricule, elle est limitée en bas par la face supérieure du chiasma optique.

3-3 La citerne carotidienne

Elle est séparée de la citerne inter-pédonculaire par la membrane de LILIEQUIST. Elle contient les artères carotide interne supraclinoidienne, ophtalmique, communicante postérieure, choroïdienne antérieure et l'origine des cérébrales antérieures et moyennes.

3-4 La citerne inter-pédonculaire

Elle est limitée en haut par les corps mamillaires, le tuber cinereum et l'infundibulum, en bas par la face antérieure du pont, en arrière par l'espace perforé postérieur et latéralement par les pédoncules cérébraux.

3-5 La citerne pontique

Elle communique latéralement avec les citernes ponto-cérébelleuses et en haut avec la citerne inter-pédonculaire. Située en avant du pont, elle contient le tronc basilaire, l'origine des artères cérébelleuses moyennes et supérieures, la IV^{ème} paire crânienne et les veines pontines antérieures. La perforation de la partie antérieure du plancher du 3^{ème} ventricule fait communiquer cette citerne avec les cavités ventriculaires réalisant une ventriculocisternostomie.

3-6 La citerne magna ou grande citerne

Elle est située en arrière du bulbe et du vermis cérébelleux et en avant de l'écaille occipitale au dessus du foramen magnum. A son niveau, le foramen de Magendie fait communiquer le 4^{ème} ventricule avec les citernes de la base. Elle est limitée en haut par la tente du cervelet et en bas, elle est en continuité avec la citerne spinale postérieure. Elle contient la PICA, les veines vermiennes inférieures, médullaires postérieures et les veines de la jonction cérébello-médullaire.

Il existe d'autres citernes : ponto-cérébelleuse, cérébello-médullaire, quadrigéminale, cérébelleuse supérieure, sylvienne et olfactive.

4- LA MEMBRANE DE LILIEQUIST

C'est une condensation arachnoïdienne étendue du bord supérieur de la lame quadrilatère à l'angle antérieur des corps mamillaires (24).

Présente dans un 1/3 des cas seulement, elle a été initialement décrite par KEY et RETZIUS. Elle a été considérée par la suite comme un repère anatomique important dans l'abord des régions sellaires et para-sellaires. Elle est limitée par :

- en arrière : la citerne inter-pédonculaire.
- en avant et en dehors : la citerne carotidienne.
- en avant et en dedans : la citerne chiasmatique.

Cette membrane s'est avérée extrêmement importante dans le traitement neuroendoscopique de l'hydrocéphalie. L'échec de l'ouverture de cette membrane peut entraîner l'échec de la ventriculocisternostomie (28).

5. ANATOMIE RACHIDIENNE :

5-1 Les vertèbres thoraciques :

Le corps vertébral a la forme d'un cylindre, régulièrement arrondi, sauf en arrière où il est concave.

Les lames sont épaisses, rectangulaires, plus hautes que larges, obliques en bas et en arrière.

Les apophyses épineuses sont longues et très obliques vers le bas.

Les surfaces articulaires supérieures regardent en haut et en arrière. Les surfaces articulaires inférieures sont concordantes. Les vertèbres thoraciques sont caractérisées par la présence de facettes articulaires costales.

5-2 Les vertèbres lombaires :

Le corps vertébral est très volumineux. Ses faces supérieure et inférieure ont un aspect réniforme.

Les pédicules sont courts et trapus, directement antéro-postérieurs, les apophyses épineuses sont très développées et horizontales.

Les surfaces articulaires supérieures regardent en dedans. Les surfaces articulaires inférieures sont concordantes.

Les apophyses transverses sont formées par la soudure d'apophyses transverses proprement dites et de côtes rudimentaires, d'où la dénomination d'apophyse « costiforme » qu'on leur donne souvent.

L'empilement des vertèbres constitue une unité anatomique et fonctionnelle ; car les vertèbres sont reliées entre elles par :

- les disques inter-vertébraux.
- de petits ligaments qui unissent les vertèbres l'une à l'autre.
- de grands ligaments qui s'étendent sur toute la hauteur du rachis.
- de nombreux muscles courts et longs.

5-3 Le segment articulaire rachidien :

C'est une unité fonctionnelle constituée par :

-le complexe disco-corporéal : ensemble anatomo-physiologique indissociable ; entre le disque et le corps vertébral, est interposée une plaque cartilagineuse qui est l'élément essentiel des conflits disco-somatiques. On ne peut dire avec certitude que la plaque cartilagineuse appartient au corps vertébral ou au disque. Celui-ci est formé de deux structures très différentes : le nucleus pulposus qui provient d'un vestige chordal, et l'annulus fibrosus qui est fait de lamelles fibro-cartilagineuses pénétrant dans les plaques cartilagineuses.

- les articulations interapophysaires.
- les ligaments intervertébraux : Ce sont:

- * Les ligaments interépineux

- * Les ligaments jaunes : ils réunissent les lames voisines, ils sont très épais, très résistants et élastiques et ont un rôle essentiellement protecteur de la racine nerveuse et des vaisseaux foraminaux. C'est le ligament jaune qui est réséqué à l'aide d'une pince de Kerison

lors de la discectomie lombaire endoscopique, pour exposer la racine traversant toute la région foraminale. L'existence de ce ligament protecteur facilite la résection d'une partie de l'isthme et de l'apophyse articulaire qui est de ce fait peu hémorragique.

- Les ligaments intertransversaires.
- Les ligaments vertébraux communs postérieur et antérieur.

5-4 Le canal rachidien et les trous de conjugaison :

Le canal rachidien est un long tunnel ostéo-fibreux dont le diamètre varie selon le segment rachidien (large dans le segment lombaire et étroit au niveau de la 9^{ème} vertèbre thoracique). Sa paroi postérieure est formée par les lames réunies par les ligaments jaunes. Les lames du segment thoracique reposent les unes sur les autres alors que dans le segment lombaire, elles laissent un espace entre elles, permettant la ponction lombaire.

Les parois latérales, constituées par les pédicules, sont interrompues par les orifices des trous de conjugaison. Le canal rachidien contient la moelle épinière d'où émergent les nerfs rachidiens qui traversent les trous de conjugaison. Ceux-ci sont limités par :

- En haut et en bas, les pédicules des deux vertèbres contigues.
- En arrière, les apophyses articulaires des deux vertèbres.
- En avant, la face postérieure du disque intervertébral et les parties adjacentes de la face postérieure des corps vertébraux.

III. LA PHYSIOPATHOLOGIE DU LCS (59) :

- Le Flux du LCS :

Il existe deux sortes de flux du LCS qui agissent simultanément et en permanence : le flux net global, qui résulte des mécanismes de sécrétion-résorption, et les flux pulsatiles qui résultent des pulsations artérielles cérébrales, c'est-à-dire, fondamentalement, des modifications systolodiastoliques du volume du lit vasculaire encéphalique.

- Le flux net global (bulk flow) est le produit de la sécrétion du LCS, égal (en situation d'équilibre) au volume de LCS résorbé. Ce volume a été évalué à 600 ml/j soit 0,4 ml/min, ce qui
-

est extrêmement faible en comparaison avec le flux sanguin cérébral global qui est d'environ 700 ml/min, près de 2000 fois plus élevé. Pour 60 %, le LCS est sécrété au niveau des plexus choroïdes, les 40 % restants étant produits par l'ensemble de la surface cérébrale, à partir de l'espace liquidien interstitiel. Pour 50 à 60 % également, il est résorbé au niveau des granulations arachnoïdiennes de Pacchioni, dans le système des sinus veineux dure-mériens, ainsi qu'au niveau des manchons méningés des nerfs rachidiens, les 40 à 50% restants étant eux-mêmes résorbés au niveau du parenchyme cérébral. Il y a donc, à l'échelle du débit de production et de résorption du LCS, une continuité fonctionnelle entre les espaces liquidiens interstitiels parenchymateux (drainés par les veinules cérébrales) et le LCS. Le mouvement net de sécrétion-circulation-résorption est engendré par le gradient de pression entre le système artériolaire, les espaces liquidiens et le système veineux intradural.

– Les flux pulsatiles résultent des modifications du volume sanguin cérébral encéphalique entre les stades de systole et de diastole. Cette pulsation vasculaire s'exerçant dans une cavité crânienne rigide, repousse le LCS encéphalique vers le sac dural plus expansible. En effet, la dure-mère crânienne est inexposable car attachée à l'os, tandis que la dure-mère rachidienne est contenue dans une atmosphère épidurale constituée de graisse et de plexus veineux, ce qui lui laisse une liberté d'expansion. Cette notion d'inexpansibilité crânienne appelle cependant une remarque : elle ne s'applique pas totalement au nouveau-né ou au petit nourrisson, dont la fontanelle est plus élastique ; en corollaire, la boîte crânienne du fœtus est contenue dans le sac amniotique dont la pression est supérieure à la pression atmosphérique ; par conséquent, elle ne répond pas aux mêmes mécanismes que celle du nouveau-né.

Par ailleurs, la pulsation systolodiastolique est exercée essentiellement par le réseau artériel péricérébral, ce qui entraîne d'une part une chasse ventriculaire (le parenchyme est repoussé de façon centripète, vers les ventricules), d'autre part un déplacement vers le bas du cerveau qui concourt aussi à chasser le liquide cisternal vers les espaces périmédullaires.

Enfin, à la chasse systolique succède un retour diastolique, si bien que ces pulsations produisent non pas tant une circulation nette du LCS qu'un brassage continu intra-ventriculaire et extra-cérébral.

Ainsi, l'équilibre instantané entre le parenchyme et les espaces liquidiens, pour une pression moyenne donnée du LCS, est le résultat de plusieurs facteurs :

- un mécanisme de production-résorption du LCS.
- une boîte crânienne rigide.
- un système vasculaire dont les pulsations, grâce au vase d'expansion du sac méningé rachidien, impriment des mouvements systolodiastoliques au LCS ; celles-ci s'exercent de la périphérie vers le centre, par l'intermédiaire du parenchyme cérébral.

Une hydrocéphalie peut donc s'installer dans diverses circonstances :

- obstacle à la circulation ou à la résorption du LCS.
- décompensation postnatale d'un équilibre précaire, par perte de la contre-pression amniotique.
- réduction du vase d'expansion spinal par fermeture d'une myéloméningocèle.
- présence d'une formation kystique qui modifie le mécanisme de transmission centripète de l'impulsion systolique.
- développement d'une lésion intra-ventriculaire qui permet à une impulsion systolique de s'exercer d'une façon plus forte que ne le font, à l'état normal, les plexus choroïdes.

On est amené à rechercher une hydrocéphalie dans deux ordres de circonstances, isolées ou associées : le développement d'une hypertension intra-crânienne et/ou l'évaluation d'une macrocéphalie. En fonction de ces deux données, on peut classer les hydrocéphalies de la façon suivante :

- ✚hydrocéphalie suraiguë (blocage total, brutal et inopiné de la circulation du LCS) .
 - ✚hydrocéphalie aigue dans sa forme habituelle, c'est-à-dire de constitution progressive, secondairement décompensée (par exemple à la suite de la croissance d'une tumeur cérébrale).
 - ✚hydrocéphalie chronique, c'est-à-dire relativement bien compensée.
 - ✚et enfin, cas particulier de l'hydrocéphalie externe.
-

IV. LE MATERIEL ENDOSCOPIQUE

1 – Présentation d'un endoscope

L'apparition du procédé optique HOPKINS dans les années soixante, a permis la miniaturisation des endoscopes et leur sophistication. La technique actuelle offre un grand choix d'endoscopes ainsi qu'une large panoplie de micro-instruments adaptés en supplément aux instruments classiques.

Tous les endoscopes, qu'ils soient rigides ou flexibles, sont composés de deux ou trois parties selon qu'ils sont opérationnels ou simplement d'observation. Ils sont formés d'un étui cylindrique renfermant des fibres optiques pour la transmission de lumière, d'un télescope pour l'image et d'un ou plusieurs canaux opérationnels. Il importe de séparer deux systèmes : souple et rigide et deux concepts : endoscopie visuelle et vidéoendoscopie.

Tout neurochirurgien qui souhaite s'intéresser à l'endoscopie doit faire un choix dans l'investissement financier de son matériel et dans l'investissement intellectuel de la technique adaptée.

1-1 Une optique de qualité

❖ Le système Hopkins :

La qualité d'un endoscope se définit par la qualité de son optique. Le système à lentilles Hopkins permet l'obtention d'images d'une grande qualité de résolution et de contraste avec un large champ de vision .

❖ L'optique du neuroendoscope :

Le meilleur compromis entre la longueur nécessaire pour les applications neurochirurgicales, les conditions de stérilisation propres à cette discipline (matériel au minimum autoclavable à 134° pour la prévention de la maladie de Creutzfeld Jacob) et le maintien d'une image de grande qualité est réalisé dans l'optique autoclavable dont la longueur est de 30 cm et le diamètre externe de 2,9 cm.

❖ Un angle de vue à 30° :

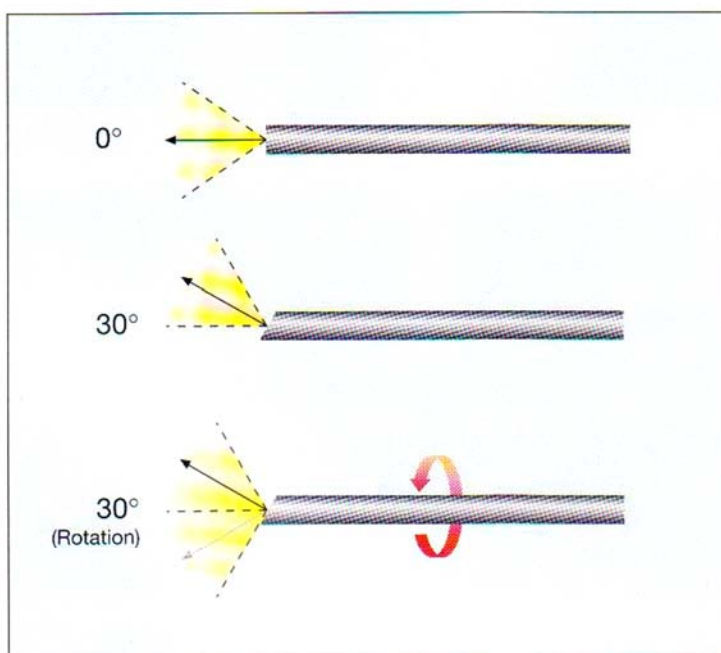
L'optique choisie à un angle de vue de 30° permet par rotation du système, d'offrir un champ de vision beaucoup plus large qu'avec une optique à 0°. Elle permet donc une vaste exploration des cavités ventriculaires avec un minimum de déplacement de l'axe de l'endoscope. De plus, la « navigation » intra-ventriculaire avec une vision à 30° n'est pas difficile et est vite acquise au prix d'un minimum d'entraînement.

❖ Une optique rigide plutôt qu'un système à fibres :

Dans l'état actuel des progrès techniques, un système à fibres ne peut obtenir une image d'une qualité comparable à celle obtenue avec un système rigide à lentilles. La précision des gestes requise en Neurochirurgie impose de disposer toujours d'un contrôle visuel de grande qualité d'où la nécessité actuelle de préférer pour cette discipline l'usage d'un système optique rigide à lentilles.



Le neuroendoscope



Largeur du champ de vision obtenue par rotation d'une optique à vision foroblique 30°.

1-2 Un diamètre externe minimum

La traversée cérébrale obligatoire pour atteindre le système ventriculaire impose de disposer d'un endoscope dont la chemise a un diamètre externe le plus petit possible. En pratique, le diamètre d'un endoscope est imposé par le diamètre de l'optique et celui des instruments utilisés. Le diamètre externe de l'optique choisie est de 2,9 cm. La taille des instruments utilisables dans les ventricules pour les indications conventionnelles de la neuroendoscopie varie entre 1 et 3 mm.

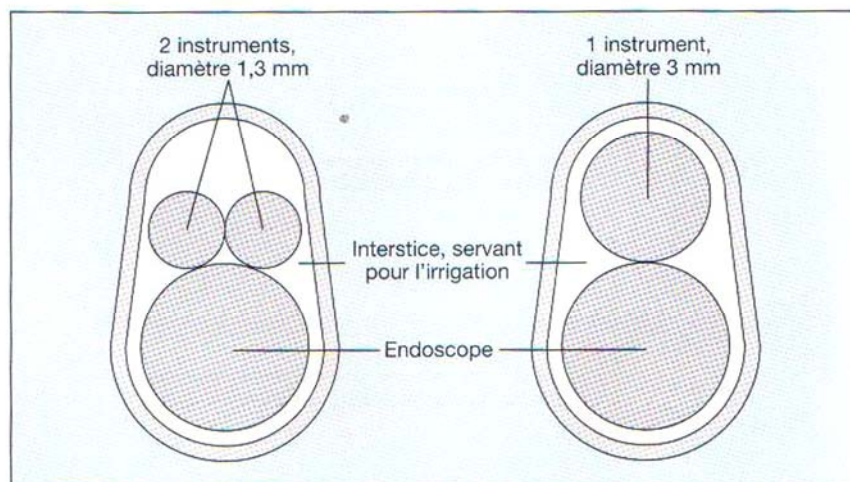
Dans le même ordre d'idée, la forme de la chemise ne peut être qu'ovale et variable dans son grand axe en fonction de la taille des instruments que l'on veut y introduire. Tout en étant ovale, il persiste des espaces entre l'optique et l'instrument, de volume suffisant pour l'irrigation. Un cloisonnement en canaux séparés ne peut être réalisé qu'aux dépens d'une augmentation du diamètre externe total.

1-3 Une longueur adaptée

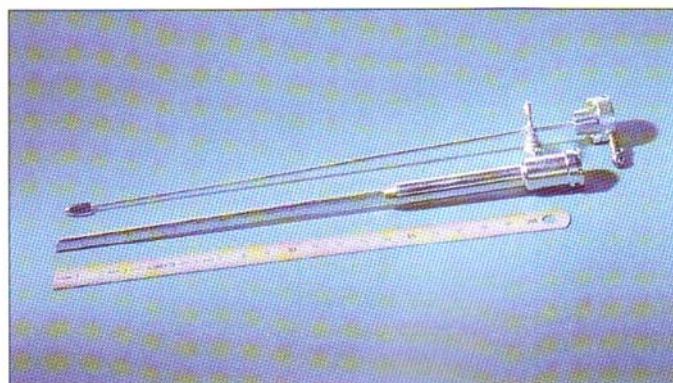
Si l'abord de la corne frontale d'un ventricule latéral dilaté peut être réalisé sans difficulté, à main levée, il peut s'avérer parfois indispensable de procéder à un guidage de l'endoscope si le système ventriculaire est modérément dilaté, que l'axe de la trajectoire choisie est différent de l'abord coronal conventionnel ou si l'abord concerne un autre endroit de la filière ventriculaire, ce guidage peut se faire soit à l'aide d'un cadre de stéréotaxie ou d'une autre méthode de neuronavigation. Le neuroendoscope a donc une partie libre de 20 cm, longueur suffisante pour s'adapter aux différents cadres de stéréotaxie. De plus, la portion distale de l'endoscope est graduée sur 15cm pour mesurer en permanence la profondeur de pénétration du neuroendoscope.

1-4 Un poids et un encombrement minimum

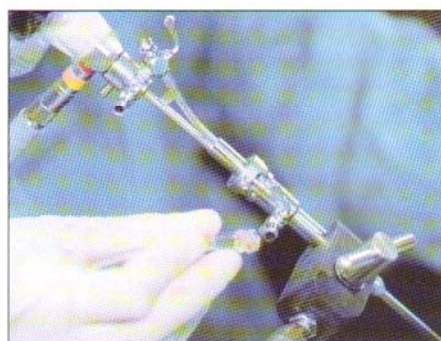
Le neuroendoscope est construit dans un alliage léger, avec une épaisseur réduite pour un poids minimum. Une portion de la chemise est toutefois renforcée pour supporter la force de serrage du bras de fixation .



Principe de l'encombrement minimum. La chemise épouse la forme de l'optique et du diamètre externe de l'instrument. Les interstices laissés libres servent à l'irrigation.



La longueur «utile» de la chemise est de 20 cm.



Chaque chemise est dotée d'une entrée pour l'irrigation.

1-5 Un endoscope modulable

Le neuroendoscope comporte trois chemises de diamètre externe différent (Figures) permettant de passer des instruments de 1mm, 1,7 mm ou 3 mm. La petite chemise (3,5/4,7mm) est suffisante pour la réalisation d'une ventriculocisternostomie. La chemise intermédiaire (3,5/ 5,2mm) permet de passer des instruments plus gros et notamment des pinces à biopsie de diamètre suffisant pour recueillir des prélèvements analysables. La plus grosse chemise (4/7mm) autorise l'introduction d'instruments plus volumineux notamment des canules d'aspiration. Chacune de ces chemises peut être raccordée à la même pièce intermédiaire portant les entrées instrumentales et le dispositif de fixation de l'optique . Ainsi, en fonction de la pathologie, on peut choisir le diamètre de la chemise la plus adaptée.

1-6 Plusieurs entrées pour les instruments et l'irrigation

Chacune des chemises possède une entrée pour l'irrigation avec un arrêt permettant une irrigation à la demande. La pièce intermédiaire permet le passage d'un instrument, voire de deux simultanément en fonction de la taille de la chemise choisie.

Le système d'irrigation doit comporter idéalement un canal irrigateur et un canal évacuateur. Ce dispositif alourdit et complique le nettoyage de l'instrument. La longueur de l'endoscope définit la hauteur (le niveau) du seuil d'évacuation du trop-plein et impose donc la valeur de la pression intra-ventriculaire. Ainsi, une irrigation temporaire (pour laver un saignement) peut fortement augmenter la pression intra-ventriculaire. Il est plus prudent d'utiliser soit une petite sonde ventriculaire indépendante, soit de fixer un cathéter sur le système d'évacuation et de le placer en siphonage tout en modulant le niveau de la pression intra-ventriculaire en élevant ou en baissant l'orifice distal du cathéter.

Le « canal de travail » (*operating channel* des Anglo-saxons) a un diamètre qui conditionne naturellement la taille des instruments utilisés mais aussi la taille des fragments biopsiques ou des caillots voire des cathéters libres intra-ventriculaires que l'on pourra retirer à travers l'endoscope.

1-7 Un bras articulé adapté

Un bras articulé permettant de mobiliser très aisément le neuroendoscope, vient se fixer sur la partie renforcée des chemises. Le neuroendoscope peut ainsi être mobilisé à la demande en serrant ou desserrant une vis centrale qui libère ou rigidifie les différentes rotules du bras. Son mécanisme simple et sans à coup donne au bras articulé toute la légèreté nécessaire à la manipulation endoscopique.

–Flexible ou rigide ?:

La majorité des auteurs préfère les endoscopes rigides pour leur meilleure définition de l'image et pour leur maniabilité plus sûre, estimant que les flexibles peuvent être dangereux car leur trajet ne peut être contrôlé.

Les partisans des flexibles les défendent pour leur capacité de navigation permettant d'élargir le champ d'exploration et donc ses capacités opérationnelles (38).

BUCHOLZ (26) propose une solution intermédiaire en combinant les deux. Une fois le rigide en place, il est retiré et remplacé dans son étui par le flexible, ce qui permet d'aborder une zone plus large sans changer les données du trajet initial.

2– Présentation des instruments (44)

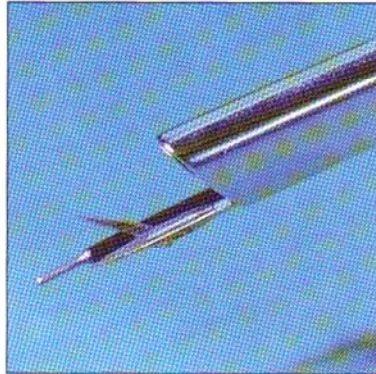
2-1 Les sondes coagulantes

Les sondes coagulantes monopolaires ont trois formes différentes selon l'utilisation choisie : pointe mousse servant plus à perforer mécaniquement les membranes qu'à coaguler, extrémité arrondie conventionnelle pour tout type de coagulation, extrémité en spatule pour aider à la dissection et coaguler la surfaces des kystes.

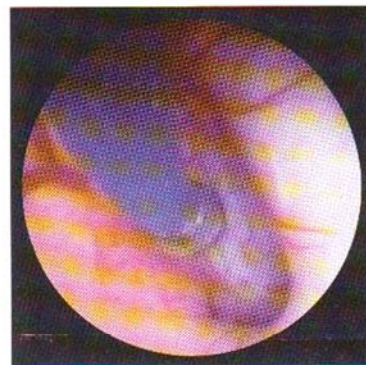
Les sondes sont recouvertes d'un revêtement bicolore à leur extrémité proximale, de façon à contrôler le moment où l'extrémité distale sort de la chemise au niveau du site opératoire (le moment où le revêtement change de couleur correspond au moment où l'extrémité de la sonde apparaît dans le champ opératoire).

Il existe aussi des sondes bipolaires qui garantissent une excellente coagulation et une fermeture sûre des vaisseaux même ceux de gros calibre. Ces sondes bipolaires permettent une

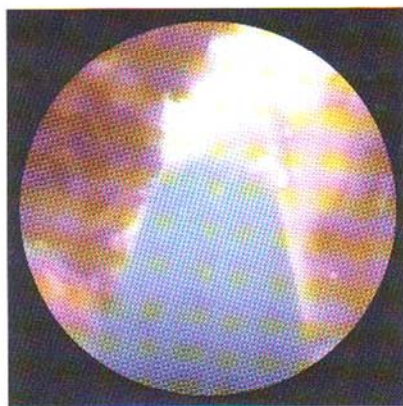
prise ferme, une coupe et une dissection précises des structures délicates et évite toute fuite de courant.



Sonde coagulante à pointe mousse avec microciseaux.



Sonde coagulante à extrémité arrondie pour la coagulation (ici d'un kyste colloïde).



Sonde coagulante en forme de spatule.

2-2 Les pinces à biopsie

La taille des pinces à biopsie est très importante à connaître car elle conditionne la taille des fragments qui seront confiés à l'anatomopathologiste. Les petits fragments font courir le risque d'incertitude diagnostique. Inversement, l'importance du saignement consécutif au prélèvement est proportionnelle à la taille de la pince utilisée. Ces éléments sont à prendre en compte avant de décider du type de chemise (et donc de la taille de la pince) à utiliser.

2-3 Les pinces à préhension

Fines et longues, elles sont des outils indispensables pour la dissection. Elles peuvent être utilisées pour créer et agrandir l'orifice d'une ventriculocisternostomie.

2-4 Les microciseaux

Les microciseaux compatibles avec la dimension des gestes réalisés par endoscopie sont à bout fin et pointu. Ils sont utilisés principalement pour ouvrir les parois des kystes arachnoïdiens et des kystes colloïdes .

2-5 Les sondes de ponction et canules d'aspiration

Munies d'une aiguille à biseau long, les sondes de ponction sont indispensables pour la ponction des kystes colloïdes. La nature transparente du cathéter permet de contrôler l'efficacité de la ponction en observant le contenu aspiré par la sonde. Leur extrémité pointue en fait des bistouris pour d'autre usage, à condition de s'assurer de l'absence de toute possibilité de plaie vasculaire lors de leur usage. Moins dangereuses sont les canules d'aspiration qui, une fois la paroi du kyste colloïde ouverte, permettent de compléter l'évacuation du kyste. L'usage de la chemise la plus large permet d'utiliser de grosses canules indispensables pour les kystes colloïdes dont le contenu est souvent très épais.

2-6 Les tubes optiques

Ils permettent l'utilisation endocavitaire des lasers. Ces dispositifs permettent d'incliner de quelques degrés l'extrémité de la fibre pour permettre une coagulation plus large.

La partie proximale de l'endoscope comporte une pièce adaptée à la vision directe à l'œil nu (endoscopie visuelle). Mais étant donné le risque infectieux, la majorité des auteurs préfère la

relier à une caméra miniature, elle-même reliée à un moniteur de télévision (vidéo-endoscopie). Les photographies et les enregistrements vidéographiques sont tout à fait possibles.

La source de lumière est fournie par un générateur de lumière froide dont la meilleure actuellement est celle fournie par une lampe à xénon. La lumière froide est conduite par un câble de fibres optiques jusqu'à son emplacement au bout proximal de l'endoscope.

3- Stérilisation d'un endoscope

La stérilisation d'un endoscope peut être réalisée par plusieurs méthodes. Trois ont été essayées par GRIFFITH (83) :

- La stérilisation à 70° avec ou sans formaldéhyde pendant 15minutes : elle est efficace mais altère les fibres optiques.
- Cidex (glutaraldéhyde activé) : immersion pendant 2heures et demi avec lavage et rinçage : efficace mais longue.
- Méthanol-hypochlorite (développée par KELSEY en 1974) : immersion de 15minutes dans une solution de méthanol et d'hypochlorite (50 % -50 %). Après le rinçage, l'endoscope est prêt à l'emploi. GRIFFITH considère cette méthode comme la plus pratique car elle est plus efficace et plus rapide.

Le méthanol-hypochlorite et le Cidex sont efficaces rapidement et donc tout à fait adaptés à la chirurgie en urgence.

La stérilisation peut se faire également par de l'oxyde d'éthylène, mais, elle nécessite plus de temps : le matériel n'est prêt pour une nouvelle utilisation que trois jours après.

4- Adjuvants

4-1 Stéréotaxie

La stéréotaxie bi ou tri-dimensionnelle permet une approche précise et plus sûre des lésions intra-cérébrales. Les logiciels de reconstruction d'images permettent en traitant une

image cible de déterminer sa taille, sa forme, ses principaux axes et ses rapports avec les structures anatomiques adjacentes.

Le patient est soumis à une étude scanographique (ou IRM) après avoir fixé sur son crâne aux moyens de vis en plastique et en alliage d'aluminium un cadre de stéréotaxie entièrement construit avec du matériel scanner ou IRM compatible. Les coordonnées (X, Y, Z) de la cible sont calculées par le logiciel.

Le but de ce traitement d'image est de choisir la meilleure trajectoire possible pour atteindre la lésion en évitant les structures vitales. Malgré des calculs pré et per-opératoires qui donnent les rapports de la trajectoire et de la cible, le danger d'un déplacement ou d'une lésion vasculaire est toujours possible.

L'adjonction de l'endoscopie à la stéréotaxie permettrait de contrôler, par la vision directe, un éventuel saignement au point de ponction de la biopsie ou au moins de choisir un endroit peu ou avasculaire.

Plusieurs auteurs associent l'endoscopie à la stéréotaxie : ZAMORANO (205), APPUZO (14), EIRAS (58), MERIENNE (135), HELLWIG (90), HEIKKINEN (88), GOODMAN (79), IIZUKA (104), KELLY (115), KOCH (120).

L'association stéréotaxie-endoscopie rend la manœuvre plus sûre par la vision directe et rend aléatoire le changement des repères après aspiration de kystes ou de lésions intra-ventriculaires. Cette association a été surtout utilisée pour les biopsies tumorales. Elle a été aussi utilisée dans :

- l'évacuation de processus kystiques.
- le traitement des petites lésions par le laser.
- l'hémostase.
- les ventriculocisternostomies.
- l'irradiation interstitielle.

Le neuroendoscope est facilement utilisable avec un cadre de stéréotaxie. La chemise, guidée par le cadre de stéréotaxie est introduite au niveau de la cible choisie. Le montage du

neuroendoscope est ensuite effectué sans difficulté, l'encombrement spatial du système étant restreint. Le neuroendoscope, toujours tenu par le cadre, est saisi par le bras articulé.

Une fois les structures clairement identifiées, l'arceau du cadre de stéréotaxie est démonté et retiré, le neuroendoscope restant juste maintenu par le bras articulé, ce qui permet la poursuite de l'intervention dans les conditions habituelles de mobilité et de sûreté.

4-2 Neuronavigation

L'avènement de la tomodensitométrie et de l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM), associées à de nouveaux outils chirurgicaux a permis la diminution de la morbidité et de la mortalité des interventions intra-cérébrales et l'abord de lésions réputées inaccessibles auparavant. Initialement, le microscope opératoire et la coagulation bipolaire ont réduit le traumatisme occasionné par la chirurgie. Secondairement, les techniques d'imagerie ont permis de mieux localiser les lésions intra-cérébrales et leurs rapports anatomiques.

La neurochirurgie guidée par l'image ou neuronavigation représente une nouvelle ère. Elle fournit à l'opérateur l'association « en temps réel » de la vision macro ou microscopique du foyer opératoire et la situation de ce foyer au sein d'un volume radiologique reconstruit par informatique grâce aux données de l'imagerie du patient opéré.

Dans le cas particulier des tumeurs du 3^{ème} ventricule, le planning précise la situation de la lésion incriminée, ses limites, ses rapports, individualise les zones dites « à risque », surtout vasculaires et permet d'optimiser la trajectoire de la voie d'abord, qu'elle soit transcorticale ou transcalleuse.

Lors de l'intervention, la neuronavigation guide l'opérateur dans le choix de la taille et de la situation de l'incision cutanée, de la crâniotomie mais aussi de la corticotomie ou de l'incision du corps calleux. Elle assure un contrôle permanent du geste sur la station de travail. Ceci permet une diminution du traumatisme chirurgical et donc de la morbi-mortalité post-opératoire. Cependant, le déplacement des structures cérébrales au cours de la dissection chirurgicale ou brainshift des Anglo-saxons, remet en cause la validité des repères, à plus forte raison à la suite de la vidange du LCS occasionnée par l'ouverture ventriculaire. Les repères

deviennent donc de moins en moins fiables. L'analyse du brainshift sera d'autant plus perturbée qu'il existe des modifications morphologiques cérébrales entre l'acquisition des images et l'intervention (acutisation d'une hydrocéphalie, drainage ventriculaire externe). Cet inconvénient est moindre pour les tumeurs de la convexité, de l'étage antérieur et de la région hypophysaire.

A l'image de l'apport de la neuronavigation pour la chirurgie intra-crânienne en général, il apparaît que la procédure de neuronavigation conforte le neurochirurgien dans sa voie d'abord, le sécurisant jusqu'à l'accès à la tumeur, même si actuellement le déplacement des structures provoqué essentiellement par la vidange ventriculaire peut perturber l'appréciation exacte de la qualité des repères et donc de la résection. Le développement de cette procédure couplée à l'endoscopie, apportera certainement un gain supplémentaire pour le neurochirurgien dans l'approche de ces tumeurs profondes et d'exérèse toujours délicate (55).

4-3 Echographie

L'échographie per-opératoire est utilisée depuis une dizaine d'années, après trépanation pour l'étude en temps réel des structures de l'encéphale. Son faible coût, son innocuité et la précision des renseignements qu'elle fournit, en font une méthode d'exploration de choix (77). Une sonde placée sur le cortex cérébral permet de détecter une cible en profondeur et de guider les instruments chirurgicaux jusqu'à cette dernière, permettant de l'extraire ou de la biopsier sans difficulté (16,17). L'échographie peut également être utile dans la réalisation d'une ventriculocisterno-stomie (171).

4-4 Laser

L'idée d'utiliser le laser en endoscopie intra-crânienne a d'abord été suggérée par les difficultés rencontrées parfois en stéréotaxie lorsque la lésion que l'on veut ouvrir ou biopsier possède une paroi ferme ou dure, celle-ci ne pouvant être franchie par le biopsieur dont l'extrémité est en règle mousse. L'instrument refoule la lésion et la biopsie reste blanche. Cette difficulté se rencontre surtout dans les lésions contenues dans des cavités, puisqu'elles sont

d'une plus grande mobilité que les lésions intra-parenchymateuses (2, 26, 32, 135, 155, 163, 199).

Ceci a motivé la combinaison de la stéréotaxie au laser pour un abord sous contrôle de la vue des lésions intra-cavitaires (38,68, 83, 174,199).

Trois types de laser peuvent être utilisés en neurochirurgie :

- Le laser CO₂.
- Le laser Nd-YAG (Neodymium-ythrium aluminium garnet).
- Le laser à argon.

Le laser CO₂ est rarement utilisé, car il entraîne un dégagement de la fumée et son pouvoir de coagulation est atténué en milieu aquatique (Liquide Céphalo-Spinal).

Les lasers Nd-YAG et à argon sont les plus utilisés en endoscopie, car ils ont une longueur d'onde visible et peuvent être dirigés dans une fibre optique de 400 µm de diamètre à travers le canal de travail d'un endoscope (68,201).

En jouant sur le diamètre du spot, sur la puissance et sur le temps d'exposition, l'opérateur peut coaguler, inciser et vaporiser les lésions. Par exemple, pour un kyste colloïde, un tir continu est réalisé avec le Nd-YAG 1,06 puissance 5W en mode continu avec une durée d'émission du rayonnement de 30 secondes afin d'obtenir la rétraction du kyste. Un second tir avec le Nd-YAG,1, 32 puissance 5 à 10 W en mode pulsé pendant 25 secondes permet l'ouverture de la paroi. La sonde d'aspiration permet d'aspirer le contenu du kyste dont les parois sont laissées en place (18, 135,174).

Pour un kyste arachnoïdien, un seul tir au Nd-YAG 1,06 en mode continu, puissance 5W pendant 60 secondes permet la coagulation et l'ouverture de la paroi du kyste réalisant sa marsupialisation.

Pour un petit méningiome, la vaporisation point par point est réalisée par un Nd-YAG 1,06, puissance 12W en mode pulsé pendant 420 secondes jusqu'à obtention d'un moignon calciné. En fonction du mode d'utilisation, la température peut atteindre 200°, ce qui justifie l'utilisation de sondes thermiques pour le contrôle de la température au niveau du site d'attaque (135).

4-5 IRM de flux

L'imagerie par résonance magnétique contribue de façon majeure aux indications des techniques endoscopiques et à la surveillance de leur efficacité dans le temps.

Plus que les données morphologiques qui sont déjà essentielles, ce sont les séquences analysant la cinétique du flux du LCS qui apportent des renseignements indispensables à la compréhension des phénomènes. La séquence la plus communément réalisée analyse le flux uniquement à direction rostro-caudale sur une coupe sagittale médiane .

L'acquisition des données est réalisée sur l'intervalle de temps séparant la survenue de deux ondes R du complexe QRS de l'ECG. La courbe cinétique du LCS retrouve un pic systolique à direction caudale, survenant à environ 30 % du temps de l'intervalle R-R, suivi d'un pic diastolique à direction rostrale. Fait important : la cinétique du LCS est parfaitement synchrone entre la filière ventriculaire (aqueduc de Sylvius et 4^{ème} ventricule) et les espaces sous-arachnoïdiens péri-cérébraux et péri-médullaires. Le moindre asynchronisme signe la présence d'un obstacle sur la filière ventriculaire et renseigne donc sur le caractère communicant ou non de l'hydrocéphalie.

L'étude de la cinétique des flux permet également d'apporter l'image morphologique du flux passant au travers de l'orifice d'une ventriculocisternostomie (46,79).

V. DESCRIPTION DE LA TECHNIQUE OPERATOIRE

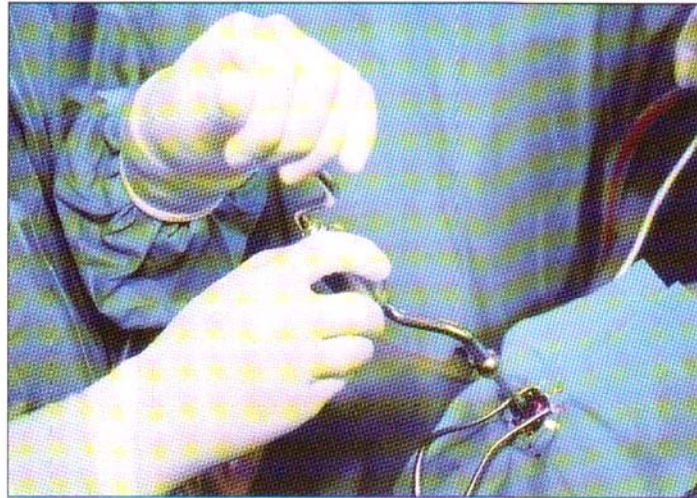
La majorité des interventions neuroendoscopiques se font par un abord de la corne frontale du ventricule latéral, afin d'aborder le foramen de Monro.

1 – Installation

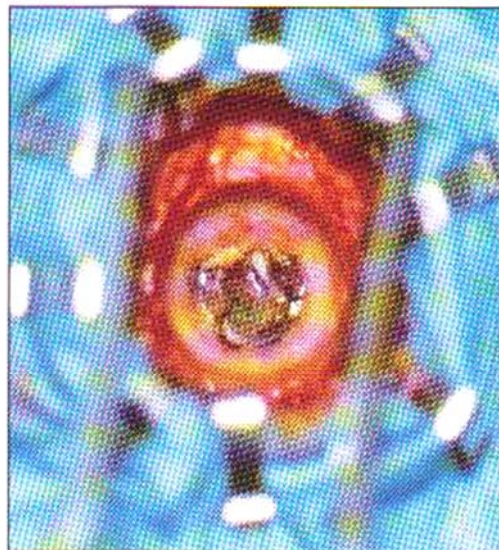
Le patient est installé en décubitus dorsal, la tête légèrement fléchie d'une trentaine de degré. Une rallonge est fixée à la table, à proximité de la tête, sur laquelle sera fixé le bras articulé.

2- Crâniotomie

L'incision intéresse la région immédiatement pré-coronale. Un trou de trépan est réalisé juste en avant de la suture coronale. Sa taille doit être suffisamment large pour pouvoir éviter une fois la dure-mère ouverte, le passage d'une veine corticale.



Réalisation du trou de trépan.



L'orifice de craniotomie est suffisamment large pour permettre d'éviter les veines corticales lors de l'introduction du Neuro-endoscope.

Le champ opératoire doit être assez large pour un éventuel élargissement de la voie d'abord en cas d'incident non contrôlé endoscopiquement.

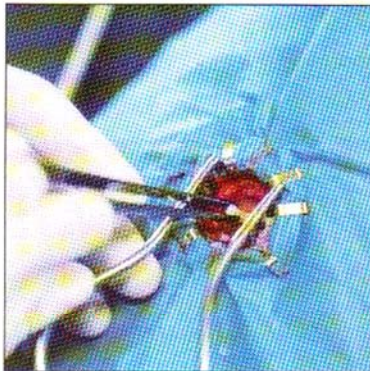
3– Mise en place du neuroendoscope

La chemise avec son mandrin, maintenue par le bras articulé laissé libre, est introduite dans le ventricule latéral à main levée, la profondeur étant contrôlée par les graduations de la chemise. La chemise est ensuite solidement fixée par le bras articulé afin d'autoriser le montage du neuroendoscope en toute sécurité. Le mandrin est retiré et la pièce intermédiaire mise en place. L'optique, sur laquelle sont venus se fixer le câble de lumière froide et la caméra, est ensuite introduite dans le neuroendoscope. Les structures alors visualisées sont d'abord identifiées avant de desserrer le bras articulé et de poursuivre la descente du neuroendoscope et l'intervention. Le bras est desserré et serré à volonté par l'assistant, en fonction des impératifs de l'intervention. La rotation du neuroendoscope est aisée, en prenant garde toutefois de repositionner la caméra pour conserver une bonne orientation lors des manipulations. L'irrigation est généralement réalisée au sérum physiologique ou au RINGER tièdes.

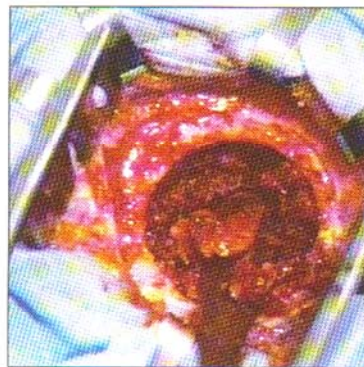
Quand il s'agit de grandes quantités de perfusion qui peuvent provoquer une réaction toxique systémique, du LCS artificiel peut alors être proposé. Celui-ci a une composition qui se rapproche du LCS physiologique sans les protéines et le glucose, il a un pH de 7,4, une osmolarité à 290 mmol/l et une concentration en CO₂, HCO₃⁻, Na, K, Ca, Mg et Cl semblable à celle du LCS physiologique (84,150).

4– Fermeture

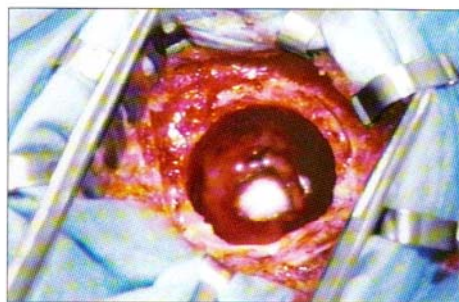
L'étanchéité de la fermeture est essentielle pour éviter tout problème lié à la fuite du LCS dans la période post-opératoire. Une fois l'endoscope retiré, le puits cortical est



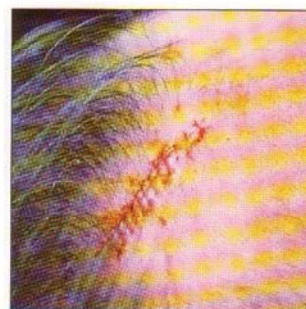
Fermeture du puit cortical avec un fragment de Gelfoam®.



La poudre d'os vient combler l'orifice de craniotomie.



Le puit cortical est rebouché.



Fermeture de l'incision cutanée.

rebouché par un fragment de Gelfoam. L'orifice de la crâniotomie est refermé avec de la cire à os. Enfin, la peau est suturée de façon conventionnelle.

VI. INDICATIONS DE L'ENDOSCOPIE EN NEUROCHIRURGIE

Les indications de la neuroendoscopie se rapportent aux pathologies intéressant les cavités ventriculaires et les espaces sous-arachnoïdiens cérébraux. L'utilisation d'un endoscope au niveau cérébral nécessite que les cavités ventriculaires soient dilatées. L'indication principale de la neuroendoscopie est la ventriculocisternostomie pour le traitement des hydrocéphalies non communicantes. Les autres indications pour lesquelles l'endoscopie est d'un réel intérêt sont représentées par le traitement des kystes colloïdes et la marsupialisation des kystes arachnoïdiens. Enfin, à l'occasion d'une ventriculocisternostomie, l'endoscopie permet la réalisation de biopsies de lésions intra-ventriculaires.

1 – Hydrocéphalie

Bien que l'hydrocéphalie soit connue depuis le temps d'Hippocrate, elle continue encore à préoccuper tout neurochirurgien qui y est confronté. Les premières tentatives thérapeutiques datent du début du 20^{ème} siècle. En effet, entre 1913 et 1929, DANDY et BLACKFAN (43) ont décrit deux types d'hydrocéphalie avec leur traitement spécifique :

- ❖ l'hydrocéphalie obstructive (ou non communicante) ; caractérisée par un blocage du circuit à sens unique, qui peut être traitée par une ventriculocisternostomie du 3^{ème} ventricule avec la citerne inter-pédonculaire.

- ❖ l'hydrocéphalie non obstructive (ou communicante), où le problème est un défaut d'absorption du LCS qui peut être traitée en détruisant son site de production : les plexus choroïdes. Plus rarement, l'hydrocéphalie communicante peut être due à une hyperproduction de LCS (hamartome des plexus choroïdes, papillomes des plexus choroïdes, hypertrophie diffuse des plexus choroïdes) (26).

Depuis, une vaste palette de procédés chirurgicaux est apparue dans le traitement de l'hydrocéphalie (137), dont les plus utilisés actuellement sont :

- les dérivations ventriculo-péritonéales, ventriculo-cardiaques et lombo-péritonéales pour les dérivations externes du LCS.
- les ventriculostomies pour les hydrocéphalies obstructives.

Les dérivations externes ont sauvé des millions de patients de par le monde. Mais bien qu'elles soient techniquement les plus faciles en neurochirurgie, leurs complications à moyen et à long terme ne sont pas négligeables (202). Si les complications mécaniques sont facilement résolues, les infections qui peuvent être fatales dans 35% des cas, sont difficiles à gérer. Elles nécessitent au moins l'hospitalisation, l'ablation du matériel, le traitement de l'infection et le remplacement du matériel après guérison.

Par ailleurs, dans le cas d'une dérivation ventriculo-péritonéale, l'infection peut altérer l'absorption du péritoine, ce qui nécessite son changement en dérivation cardiaque. Malgré ces considérations, les dérivations restent un traitement de mise pour l'hydrocéphalie.

L'endoscopie, dans le traitement de l'hydrocéphalie est utilisée soit pour réaliser des ventriculocisternostomies, soit dans la coagulation des plexus choroïdes, soit plus rarement comme aide pour le placement optimal d'un cathéter ventriculaire ou son ablation, ou encore pour la dilatation de l'aqueduc de Sylvius.

1-1 Ventriculocisternostomie

a- Généralités

Les ventriculocisternostomies spontanées dont neuf cas sont décrits dans la littérature, se produisent dans des situations d'extrême hypertension intra-crânienne et de dilatation ventriculaire et résultent de la rupture de la paroi ventriculaire et de la pie-mère (140).

La ventriculocisternostomie (VCS) est indiquée dans les hydrocéphalies obstructives et plus spécialement dans les sténoses de l'aqueduc de Sylvius.

En pratique, pour pouvoir réaliser une VCS, il faut que l'obstacle soit situé dans la partie postérieure du 3^{ème} ventricule, au niveau de la région pinéale, de l'aqueduc de Sylvius, du 4^{ème}

ventricule ou du foramen de Magendie (44). L'obstruction de l'aqueduc de Sylvius peut apparaître à n'importe quel âge comme le résultat d'une lésion congénitale, acquise ou bien peut cacher une lésion tumorale surtout dans les cas à révélation tardive (194). Peu fréquente après l'enfance où elle est responsable de 95 % des hydrocéphalies, la sténose de l'aqueduc de Sylvius est tumorale dans 95 % des cas chez l'adulte (42).

Jusqu'à ces dernières années, cette intervention était menée sous contrôle radioscopique avec ou sans recours à une procédure stéréotaxique (178). L'intervention consistait en une ventriculographie (confirmant le diagnostic), suivie si le récessus rétro-clival du plancher du III^{ème} ventricule est dilaté, de la VCS proprement dite. Celle-ci pouvant être réalisée à l'aide d'un leuctome de Bertrand ou d'une sonde de Fogarty de gros calibre (5 à 7 French).

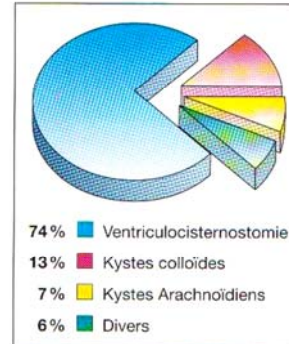
Selon DECQ (44), en 1992–1993, la VCS représentait 19 % des indications de traitement chirurgical de l'hydrocéphalie. En 1996–1997, ce pourcentage s'élevait à 34 % dans l'expérience de DECQ, mais en pratique courante, il a considéré que la VCS pouvait être proposée à environ 20 % des patients adultes présentant une hydrocéphalie. Les critères de sélection des patients pouvant bénéficier d'une VCS sont (149) :

- une hydrocéphalie obstructive.
 - un espace arachnoïdien « libre », fonctionnel, c'est-à-dire sans antécédent de méningite ou d'hémorragie méningée.
 - l'absence d'antécédent de valve (pas de shunt-dépendance).
 - un III^{ème} ventricule dilaté. Pour JONES (112), il faut un III^{ème} ventricule d'une taille supérieure ou égale à 7mm.
 - l'absence d'antécédent de radiothérapie car elle favorise les saignements.
 - le plancher du III^{ème} ventricule doit être étendu au-dessous et en arrière de la lame quadrilatère.
 - l'absence d'un obstacle anatomique (large commissure inter-thalamique ou plancher du 3^{ème} ventricule épais d'où l'intérêt d'une IRM préalable).
 - l'absence de troubles de l'hémostase.
-

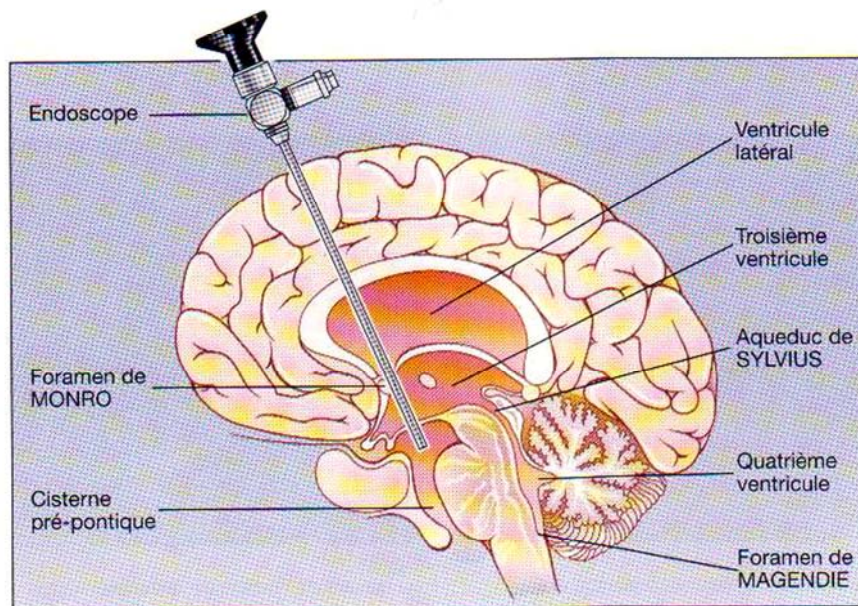
Les données cliniques sont essentielles pour la sélection, alors que les isotopes sont décevants car ne permettent pas de différencier un espace sous-dural collabé par la pression intra-crânienne de celui qui n'est pas fonctionnel.



Etude du flux LCS, rostro-caudal sur une coupe sagittale médiane.



Fréquence des différents types d'interventions réalisées en Endoscopie Neuro-chirurgicale.



Représentation schématique des ventricules cérébrale, avec le trajet suivi par le Neuroendoscope par la ventriculocisternostomie.

Représentation schématique des ventricules cérébraux avec le trajet suivi par le neuroendoscope pour la ventriculocisternostomie

b- Technique

- Sous anesthésie générale.
- Décubitus dorsal. Tête antéfléchie à 20–30°.
- Tête fixée sur un cadre rigide (GARDNER, MAYFIELD), en cas d'un petit enfant, dans une têtère en U.
- Crâniotomie en région coronale droite chez le droitier. Ouverture de la dure-mère puis de la pie-mère.
- Introduction transparenchymateuse de l'endoscope (rigide ou flexible) jusqu'à la corne frontale du ventricule latéral.
- Repérage du trou de Monro qui est dilaté, limité par le plexus choroïde en arrière, facilement identifiable et par le pilier antérieur du fornix en avant.
- Traversée du trou de Monro et visualisation du plancher du III^{ème} ventricule.
- Le site de la ventriculocisternostomie est situé sur la ligne médiane dans le triangle entre le tuber cinereum entouré par le récessus infundibulaire et les tubercules mamillaires. Le récessus infundibulaire par sa couleur rougeâtre est un bon guide.
- Le plancher est perforé à l'aide :
 - soit de l'endoscope s'il est assez fin (111).
 - soit d'une torche saline (89).
 - soit du laser Nd-YAG (38).
 - soit d'un ciseau perforateur.
 - soit d'une sonde coagulante en forme de pointe mousse (44,178). Il est préférable de l'utiliser pour son action mécanique en évitant, si possible, d'utiliser la coagulation. Il s'agit en effet du plancher du III^{ème} ventricule et donc de la région hypothalamique qui peut être endommagée par les lésions thermiques induites par l'électrocoagulation.

La perforation mécanique initiale du plancher du 3^{ème} ventricule peut également être réalisée par l'extrémité d'une pince à préhension. L'orifice est ensuite agrandi en écartant les branches de cette dernière. Il faut fréquemment s'aider d'une sonde à ballonnet simple voire à

double ballonnet pour obtenir un orifice de taille suffisante . Une fois l'orifice réalisé, il est impératif de s'en approcher pour apercevoir la dure-mère du clivus et le tronc

(1)



Foramen de Monro limité en avant par le pilier antérieur du Fornix et en arrière par la réunion des veines septales thalamostriées.

(2)



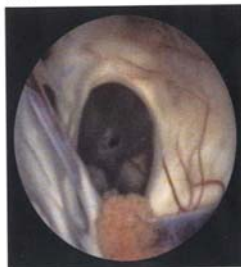
Plancher du troisième ventricule (d'avant en arrière le chiasma optique, l'orifice infundibulaire et la zone pellucide ou sera réalisée la ventriculostomie).

(3)



Réalisation de la ventriculocisternostomie à l'aide d'une pince à préhension.

(4)



En retirant le Neuroendoscope du troisième ventricule, on aperçoit par le foramen de Monro la ventriculocisternostomie réalisée en avant des corps mamillaires.

(5)



Au travers de l'orifice de la ventriculostomie, on aperçoit la dure-mère du clivus.

(6)



Par l'orifice de la ventriculostomie, on aperçoit clairement la dure-mère du clivus, l'artère basilaire et quelques unes de ses branches.

(7)



Par l'orifice de la ventriculostomie, on aperçoit dans certains cas une seconde membrane, la membrane de Lilequist.

(8)



La membrane de Lilequist doit, à son tour, être ouverte pour assurer le caractère parfaitement communicant de la ventriculostomie.

(9)



Vue postérieure du troisième ventricule obtenue en retournant l'optique à 30°. Le plancher du ventricule est en haut et le toit en bas.

basilaire. C'est la vue de ces éléments qui, seule, pourra confirmer la qualité de l'orifice réalisé. Il n'est pas rare, en effet, en s'approchant de l'orifice, d'apercevoir une seconde membrane (la membrane de LILIEQUIST) dont la présence viendra perturber la linéarité du flux et peut être à l'origine d'une fermeture secondaire de l'orifice réalisé. Cette membrane peut être retrouvée dans un tiers des cas environ, et il semble impératif de l'ouvrir pour être certain de la qualité du résultat.

Une fois la VCS réalisée, l'intervention est terminée et il est prudent de s'abstenir de tout déplacement supplémentaire de l'endoscope, non justifié par l'intervention et pouvant être source de dommages pour les structures voisines notamment au pourtour du foramen de Monro (44).

La VCS est une intervention simple et efficace. Il paraît dangereux de vouloir lui substituer des techniques comme l'intubation de l'aqueduc de Sylvius dont les risques sont plus élevés, notamment fonctionnels pour l'oculomotricité avec l'inconvénient de laisser en place le matériel (44).

Au moment de la VCS, un monitoring de l'ECG est important car une bradycardie est souvent notée, d'environ 60 bpm, mais elle ne contre-indique pas la poursuite de la manœuvre avec néanmoins une limite inférieure à 40 bpm (200). A la fin de la manœuvre, le bon fonctionnement de la VCS est vu en direct par l'augmentation des pulsations du plancher du 3^{ème} ventricule du fait du flux de LCS qui traverse la stomie. Après vérification de l'hémostase, l'endoscope est retiré, la dure-mère et la peau sont fermées de façon étanche. La durée de la procédure est de 10 à 30 minutes.

En post-opératoire, OKA (149), SAINTE-ROSE (177), JAKCH et LOEW (107) pratiquent une ponction lombaire (10 à 30 ml) pour « réinitialiser » la circulation du LCS car les voies de réabsorption normales peuvent être insuffisantes au départ.

c- Résultats

Le résultat post-opératoire est évalué sur :

– la clinique :

- La disparition du syndrome de Parinaud juste après le réveil, s'il était présent avant l'intervention.
- la disparition de l'œdème papillaire dans 2 à 3 semaines.
- chez l'enfant, la mesure du périmètre crânien est décevante car il reste souvent à 2 ou 3 déviations standards au-dessus de la normale. C'est l'évaluation du Quotient Intellectuel (QI) de l'enfant qui demeure le meilleur moyen d'évaluer le résultat de la VCS. Le QI monte quand la VCS réussit. Le résultat final est statistiquement meilleur ou au moins égal à celui obtenu avec les valves.
- les autres signes d'hypertension intra-crânienne doivent se résoudre spontanément ou après deux ponctions lombaires (76).

– l'imagerie :

L'IRM a supplanté la TDM dans ce domaine. L'IRM de flux, en plus de l'étude morphologique, permet de vérifier si l'orifice de la stomie est perméable ou non.

Les critères radiologiques de succès de la procédure sont (76) :

- la diminution de 10 à 50 % de la taille des ventricules.
 - la disparition de la résorption trans-épendymaire si elle était présente avant l'intervention.
 - la présence d'un flux systolo-diastolique au niveau de la stomie sur l'IRM de flux. Dans la période néonatale, le flux du LCS peut être étudié par échodoppler.
 - le redressement du plancher du III^{ème} ventricule s'il était bombant sur les images IRM pré-opératoires.
 - la disparition ou la diminution significative de la dilatation pseudo-kystique du récessus supra-pinéal s'il était présent avant l'intervention.
 - la diminution de la taille du III^{ème} ventricule est plus rapide, puis demeure stationnaire pendant 3 mois. La diminution de plus de 15 % de la taille du III^{ème} ventricule en un mois est l'indicateur d'un bon résultat après VCS. La taille du ventricule latéral continue à diminuer pendant 2 ans. Une diminution significative de la taille du III^{ème} ventricule (30 à 40 %) et du ventricule latéral (30 à 32 %) se produit durant la première semaine post-
-

opératoire. L'importance de la réduction des volumes ventriculaires est inversement corrélée à la durée de l'histoire clinique avant l'intervention (76).

– la mesure de la pression intra-crânienne :

Un contrôle précoce est nécessaire pour évaluer le résultat immédiat de la ventriculocisternostomie. La meilleure méthode semble être le monitoring de la pression intra-crânienne. Celle-ci doit être surveillée plusieurs fois dans les vingt jours post-opératoires, car elle ne baisse que graduellement. Cela indique que les espaces sous-arachnoïdiens « s'ouvrent » progressivement, et qu'il ne faut pas conclure hâtivement à un échec de la VCS et réaliser une dérivation trop tôt.

Dix patients ont subi une ventriculocisternostomie dans le service de Neurochirurgie, au CHU Mohammed VI de Marrakech, en 2007. Ce service est doté de la technique neuroendoscopique depuis Juin 2007, et son équipe médicale réalise de plus en plus des interventions endoscopiques dans le cadre du nouveau concept de la Neurochirurgie Mini Invasive. Les patients étaient répartis comme suit :

– Un cas d'hydrocéphalie sur sténose de l'aqueduc de Sylvius chez une patiente de 14 ans, qui s'est présentée dans un tableau de troubles de comportement avec des fugues pathologiques et des propos incohérents.

– Six cas d'hydrocéphalie sur tumeur de la fosse cérébrale postérieure, âgés de 8 à 20 ans.

– Un cas de papillome des plexus choroïdes, il s'agissait d'un patient de 32 ans qui a bénéficié d'une biopsie à côté de la ventriculocisternostomie.

– Deux cas de tumeurs de l'angle ponto-cérébelleux, âgés tous les deux de 34 ans.

La symptomatologie était dominée par un syndrome d'hypertension intra-crânienne chez tous les patients, hormis la première patiente qui avait un tableau psychiatrique et qui est devenue totalement asymptomatique après la VCS.

L'évolution était favorable chez tous les patients, excepté un enfant qui est décédé par son médulloblastome et une patiente porteuse d'un méningiome de l'angle ponto-cérébelleux

qui a présenté une mort subite 48 heures après l'intervention, probablement à cause d'une poussée aigue d'hydrocéphalie.

On peut dire que le taux de succès de la procédure endoscopique dans cette série était élevé (supérieur à 90%) , puisque l'amélioration a été notée chez tous les patients et que les deux décès déplorés étaient inhérents à des causes indépendantes de la fonctionnalité de la stomie. Ceci dit la période de suivi de ces patients est uniquement d'un an, puisque la procédure endoscopique n'a été introduite que récemment au service de Neurochirurgie du CHU de Marrakech.

1-2 Coagulation endoscopique des plexus choroïdes

C'est DANDY, en 1918, qui a réalisé les premières plexectomies ouvertes, mais avec des résultats catastrophiques (75 % de mortalité). L'avènement de la ventriculoscopie a permis une réalisation plus sûre mais les résultats sont demeurés insatisfaisants (159).

La production du LCS est diminuée de 40 % après plexectomie des ventricules latéraux chez l'Homme et l'animal. Ce taux est maintenu sur plusieurs mois au laboratoire mais ne semble pas durer indéfiniment. En effet, MILHORAT (138) a rapporté un cas de plexectomie antérieure qui présente une sécrétion normale et une composition chimique normale du LCS.

Se basant sur les résultats des travaux de MILHORAT (139), GRIFFITH (82) soutient que la coagulation endoscopique des plexus choroïdes fournit une solution physiologique pour les hydrocéphalies dues à un défaut d'absorption et a fortiori une solution logique dans les hydrocéphalies par excès de production de LCS.

En se basant sur ces données, GRIFFITH traite tous les enfants ayant une hydrocéphalie communicante par coagulation endoscopique des plexus choroïdes, couplée si besoin à une dérivation ventriculo-atrionale dont le but est d'améliorer la circulation du LCS.

a- Technique

Sous anesthésie générale, en décubitus semi-ventral, exposant l'occiput.

Entrée directe par la suture lambdoïde dans le carrefour ventriculaire, puis coagulation, sous irrigation, des plexus choroïdes visibles. La durée de l'intervention est de 40 minutes.

En post-opératoire, GRIFFITH laisse en place un système d'irrigation-draînage sur 72 heures avec le même liquide céphalo-spinal « artificiel » auquel il adjoint une antibiothérapie (Vancomycine 10 mg + Gentamycine 5 mg par 500 ml). La cadence est de 40 ml / h. Il réalise ceci, en reposant sur le travail de BUTLER (neuroendoscopy) qui a montré que les hémorragies méningées chez l'animal, comme chez l'Homme en libérant des protéines dans la circulation du LCS, produisent un blocage des mécanismes d'absorption et donc une hydrocéphalie, et ce, dans 25 % des cas.

1-3 Placement –ablation de cathéters ventriculaires par voie endoscopique

a- Généralités

Le guidage endoscopique lors de l'implantation des cathéters ventriculaires chez les patients hydrocéphales, permet leur placement dans une « position idéale », afin de réduire le taux d'échec et donc de révisions des dérivations ventriculaires, en particulier chez le grand enfant, l'endoscopie peut également être utilisée pour retirer les cathéters ventriculaires obstrués ou non fonctionnels (39,48). L'obstruction d'un cathéter ventriculaire peut être due à un caillot sanguin après hémorragie méningée ou plus souvent par du tissu cérébral et les plexus choroïdes, qui sont à proximité, peuvent être aspirés par le courant. Une autre cause d'obstruction d'un cathéter ventriculaire est son engainement par des dépôts fibrineux. Le cathéter peut se couder ou peut être très enfoncé traversant le plancher du ventricule latéral, le septum, voire les plexus choroïdes. Le diagnostic d'une obstruction proximale du cathéter lors d'un syndrome de dysfonctionnement de la valve est facile : la valve devient déprimée et ne se remplit pas ou bien se remplit très lentement sur plusieurs minutes. La majorité de ces causes de dysfonctionnement par obstruction du cathéter ventriculaire peut être évitée par un placement optimal, et ce, par contrôle visuel à l'aide d'un endoscope. Pour réduire ce risque, d'autres procédés ont été utilisés comme le contrôle radioscopique per-opératoire ou échographique (132).

STAN. H (193) a présenté une méthode de traitement de l'hydrocéphalie communicante, utilisant deux procédures chirurgicales simultanément : dans un premier temps, il réalise une ventriculocisternostomie endoscopique, puis dans un second temps, il place un cathéter ventriculaire de dérivation ventriculo-péritonéale, dans la citerne pré-pontique, sous guidage endoscopique. La raison principale est le fait que le cathéter ventriculaire va passer à travers plusieurs points fixes de circulation du LCS et permettre ainsi une circulation libre de celui-ci.

b- Repérage du site idéal pour le placement du cathéter

Pour la voie coronale, sous endoscopie, il est facile de reconnaître le canal inter-ventriculaire avec les plexus choroïdes en arrière, le pilier du fornix en dedans, l'origine des veines thalamo-striées et septales et la paroi jaune-blanchâtre du ventricule latéral. A noter que la plupart des veines sous-épendymaires convergent vers le pôle postérieur du canal inter-ventriculaire. Le cathéter est placé en avant des plexus choroïdes dans la corne frontale ou à travers le canal inter-ventriculaire à 5 mm au-dessous du toit du 3^{ème} ventricule.

Pour la voie occipitale, le carrefour est facilement reconnaissable par le glomus choroïdien à son niveau. Les veines sous-épendymaires et le passage sombre vers la corne frontale sont des guides pour approcher le canal inter-ventriculaire. Une fois à son niveau, la distance optimale est fournie par la graduation sur l'endoscope, ce qui permettra de placer le cathéter ventriculaire au niveau du site optimal.

c- Résultats

VRIES (201), sur une série de 85 cas, a obtenu 67 bons résultats sans complications, soit 79 %. Sur les 18 cas restants, il a eu 24 complications dont 9 obstructions ventriculaires et sur ces 9 cas, 7 sont survenues sur des ventricules en fente ou sur des antécédents de ventriculite.

MANWARING (132), sur une série de 200 cas, a obtenu 49 % de révisions sur une période de 12 mois contre 67 % de révisions sur des dérivations ventriculo-péritonéales réalisées sans endoscopie et sur la même période.

Dans l'étude comparative de MANWARING (132), les cathéters ventriculaires étaient considérés comme bien placés dans un 1/3 des cas, alors qu'avec l'endoscopie, 90 % le sont par confirmation scanographique. Il en déduit que l'utilisation de l'endoscopie en routine a un bénéfice certain sur la longévité des dérivations ventriculo-péritonéales. Il a eu 5 % de complications infectieuses dans les deux groupes.

Lors de l'ablation d'un cathéter ventriculaire obstrué et adhérent, il existe un risque accru d'hémorragie intra-ventriculaire par arrachement épendymaire ou des plexus choroïdes, à tel point que certains auteurs dont BECKER et NULSEN suggèrent de laisser le cathéter en place. D'autres auteurs, comme CRONE, utilise un laser KTP 532 pour coaguler le site d'adhésion, désinsérer le cathéter adhérent et en placer un autre dans un endroit optimal en avant des plexus choroïdes.

MANWARING (132), VRIES (201) et MILLER (140), en s'aidant de l'endoscope, ont certes obtenu de meilleurs résultats, mais quant à l'utiliser systématiquement, cela semble excessif. Par contre, lors de l'ablation d'un cathéter intra-ventriculaire symptomatique, l'endoscopie est utile surtout dans les cas de méningite ou de ventriculite résistantes aux antibiotiques, à cause d'un réensemencement par un cathéter colonisé.

1-4 Hydrocéphalie multiloculaire

a- Généralités

L'hydrocéphalie multiloculaire ou hydrocéphalie compartimentalisée dite aussi compartimentalisation ventriculaire ou septation ventriculaire ou encore maladie polykystique, est décrite au décours de traumatismes néonataux, d'hémorragies intra-ventriculaires ou en association avec des tumeurs. L'étiologie la plus fréquente est la méningite néonatale avec ventriculite (189). Le premier cas a été rapporté par SALMON (179) en 1970.

Les phénomènes inflammatoires de la surface épendymaire sont responsables d'une prolifération gliale sous-épendymaire. Les micro-ruptures de l'épendyme permettent à des « touffes » gliales d'émerger dans la lumière ventriculaire. Autour de ces touffes, se forment des septations qui constituent des cavités closes intra-ventriculaires. Ces membranes sont des films

translucides, d'épaisseur variable et sont composées d'éléments fibro-gliaux avec des cellules rondes polymorphonucléaires (144).

b- Traitement

Etant donné l'échec fréquent des dérivations multiples et la lourdeur d'un geste même microchirurgical, par crâniotomie, l'endoscopie peut être bénéfique. Son but est de faire communiquer tous les kystes entre eux et avec les ventricules.

2- Kystes colloïdes intracrâniens

2-1 Généralités

Deux dates importantes ont marqué l'histoire du kyste colloïde : la monographie que lui a consacrée DANDY en 1933 et le rapport de Pecker à la Société de neurochirurgie de langue française en 1966 (67).

Le kyste colloïde est une lésion dysembryoplasique rare : 0,5 à 1% des tumeurs intracrâniennes (1, 85) et 12 à 18% des tumeurs du ventricule médian (67).

Il possède cinq particularités (67) :

- son siège quasi-exclusif dans la partie antérieure du IIIème ventricule, obstruant ainsi le canal interventriculaire et engendrant une hydrocéphalie, beaucoup plus rarement la partie postérieure de la chambre ventriculaire et pratiquement jamais ailleurs.

- son origine embryologique mystérieuse : choroïdienne ? épendymaire ? paraphysaire ? neuroépithéliale ?

- son extrême polymorphisme clinique : de la latence complète (donc découverte fortuite ou d'autopsie (1)) à la mort subite (20% des kystes colloïdes selon Cairns), en passant par l'hypertension intracrânienne la plus pure, « la plus ventriculaire ».

- son diagnostic qui repose sur l'imagerie : TDM et surtout IRM.

- son traitement, enfin, dont l'opportunité et les méthodes demeurent en question.

En effet, plusieurs procédés ont été proposés pour le traitement des kystes colloïdes notamment la ponction stéréotaxique ou endoscopique et l'exérèse chirurgicale par voie trans-frontale, trans-ventriculaire ou trans-calleuse antérieure.

Le kyste colloïde est composé d'une paroi fibreuse faite de cellules épithéliales cuboïdes, ciliées enfermant une gélatine amorphe. La microscopie électronique a mis en évidence deux types cellulaires : ciliés et sécrétoires. Il a été suggéré que la colloïde est sécrétée par les cellules sécrétoires présentes en proportion variable.

Quand il est symptomatique, un kyste colloïde se manifeste souvent par un syndrome ventriculaire paroxystique, qui est très évocateur et inauguré dans 80% des cas par des céphalées déclenchées par certains mouvements et positions de la tête, ce caractère est à la base de la théorie du « clapet » ou *ball valve syndrom* des Anglo-saxons.

D'autres signes paroxystiques peuvent coexister: vomissements, troubles visuels, vertiges, obnubilation voire coma (46, 74, 126) ou mort subite par hydrocéphalie aiguë et engagement cérébral. Au scanner, le kyste colloïde est une lésion arrondie siégeant au niveau du canal inter-ventriculaire, hyperdense ou isodense prenant légèrement le contraste avec collapsus de la partie postérieure du 3^{ème} ventricule, souvent associée à une dilatation des ventricules latéraux. Le kyste colloïde peut parfois être hypodense avec prise de contraste en couronne.

A l'IRM, le kyste colloïde donne un signal iso ou hypo-intense en T1 et hyper-intense en T2 (85).

2-2 Traitement endoscopique

Dès lors qu'un kyste colloïde est devenu symptomatique, il est indispensable de le traiter dans les plus brefs délais, a fortiori si des céphalées paroxystiques apparaissent, du fait du risque de décompensation rapide voire de mort subite. La présence d'une dilatation ventriculaire doit également conduire à proposer un traitement.

L'endoscopie permet un geste de ponction et non d'exérèse complète. Par leur nature et leur situation, les kystes colloïdes se prêtent bien à la neuroendoscopie (44,48). Eventuellement asservie à un matériel stéréotaxique ou à la neuronavigation, elle permet un traitement efficace

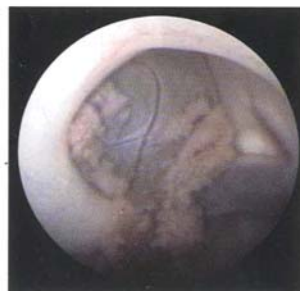
des kystes colloïdes dont le diamètre est supérieur à 1 cm et jugés fluides en pré-opératoire. Ses avantages sont un contrôle visuel per-opératoire, la coagulation large de la paroi, l'aspiration du contenu de manière plus complète que par un procédé de stéréotaxie.

Les techniques endoscopiques du III^{ème} ventricule ont prouvé leur supériorité dans beaucoup de cas avec moins de séquelles neurologiques et neurophysiologiques.

a- Technique

Sous anesthésie générale, en décubitus dorsal, tête légèrement tournée vers la gauche, incision cutanée coronale de 3 cm, trou de trépan puis corticotomie d'environ 3 mm. L'endoscope est introduit dans la corne frontale. Le canal inter-ventriculaire est repéré en suivant une veine thalamostriée ou le plexus choroïde qui paraît rose-orange. La paroi du kyste colloïde apparaît gris-verdâtre occupant le canal inter-ventriculaire.

Le kyste colloïde est alors percé et aspiré de sa colloïde permettant son collapsus. Ensuite, il est coagulé pour le ratatiner jusqu'à ce qu'il disparaisse de la vue, en faisant



Kyste colloïde du troisième ventricule obstruant le foramen de Monro.



Coagulation de la paroi externe du kyste colloïde.



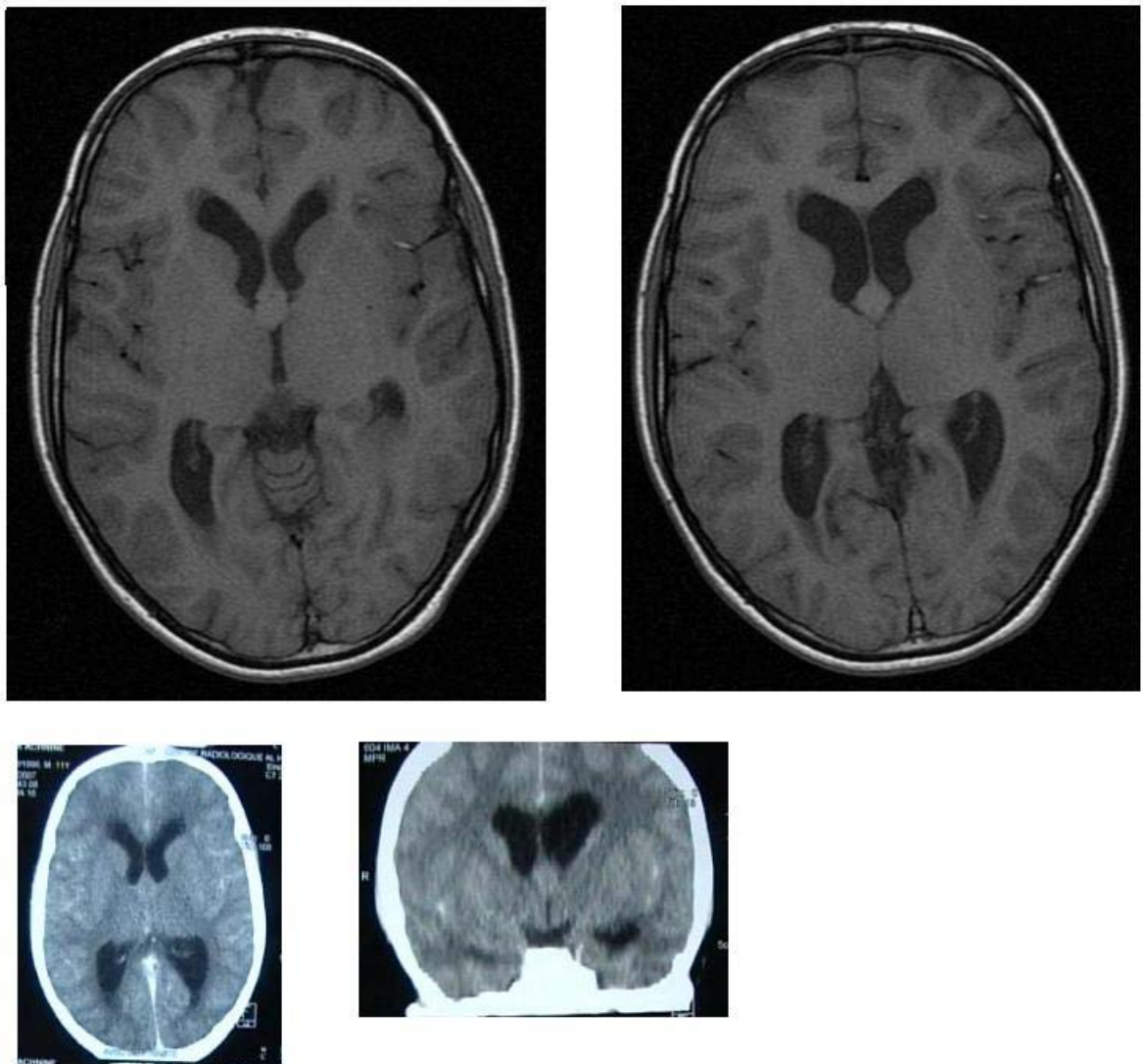
Ponction du kyste et évacuation d'une partie de son contenu. La propriété translucide de la sonde permet de contrôler la qualité de l'aspiration.



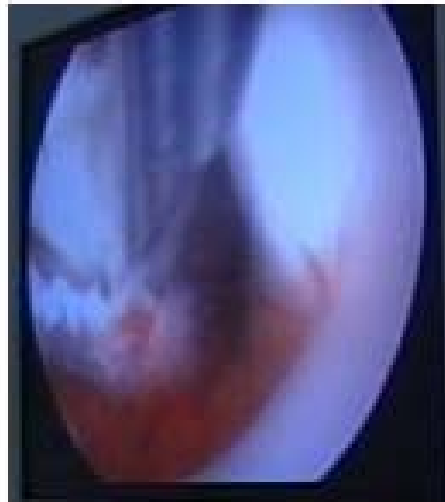
Ouverture large du kyste à l'aide de micro-ciseaux pour permettre de compléter son évacuation.



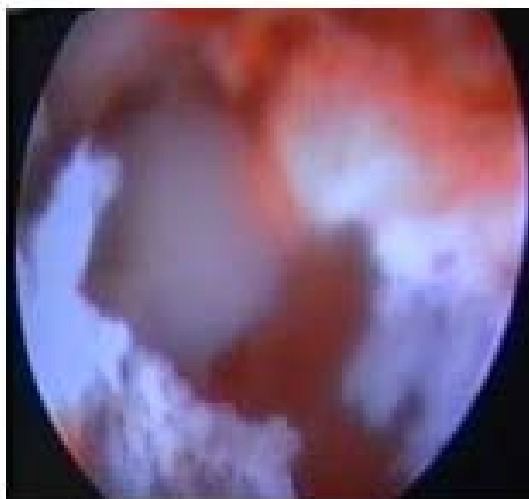
Coagulation du résidu postérieur en fin d'intervention. Le foramen interventriculaire est libre ainsi que la lumière du troisième ventricule.



Kyste colloïde à la TDM et à l'IRM chez un enfant de 10 ans opéré dans notre formation



**Coagulation de la paroi du kyste colloïde chez un enfant de 10 ans
opéré dans notre formation**



**Evacuation du contenu du kyste colloïde chez l'enfant de 10 ans opéré
dans notre formation**

attention au fornix. On ne laisse en définitive en place en fin d'intervention qu'un reliquat de paroi coagulée, largement en communication avec la lumière du ventricule. Dans certains cas, le kyste est plus volumineux vers l'arrière et refoule les structures médianes dans la lumière du ventricule latéral et le foramen de Monro vers l'avant. Dans ces cas, une ponction postérieure, au niveau de la zone la plus proéminente du kyste peut venir affaisser ce dernier et libérer le foramen de Monro, par lequel l'intervention peut être alors poursuivie (1, 44, 48, 66).

–Un enfant de 10 ans présentant un kyste colloïde a été opéré au service de Neurochirurgie au CHU Med VI par voie endoscopique. La symptomatologie était dominée par un syndrome d'HTIC. Le geste chirurgical a consisté en l'évacuation du kyste et la biopsie de sa paroi. L'évolution était très favorable.

3– Kystes arachnoïdiens intra-crâniens

3-1 Généralités

C'est Bright, en 1831, qui fut le premier auteur à avoir reconnu et décrit les « kystes séreux de l'arachnoïde » dans son ouvrage « *Reports of medical cases* » (123) :

« *There are species of partial accumulation of fluid in the brain, which must not be passed over without notice : I mean, serous cysts forming in connection with the arachnoid, and apparently lying between its layers, or attached by thin adventitious membranes* ».

En effet, on sait actuellement que le contenu d'un kyste arachnoïdien est toujours clair, homogène et translucide.

La signification et la pathogénie de ces kystes restèrent incomprises jusqu'en 1958, date à laquelle STARKMAN conclut que ces kystes provenaient d'une anomalie caractérisée par une duplication de l'arachnoïde (123).

Les kystes arachnoïdiens sont rares (1 % des lésions expansives intracrâniennes) et pas toujours symptomatiques (44). Ils touchent l'enfant comme l'adulte. Leur accroissement en volume peut être tel qu'ils peuvent venir perturber l'écoulement normal du LCS (comme les

kystes supra-sellaires) ou comprimer les structures neurologiques adjacentes (comme les kystes temporaux) (44).

Ces kystes peuvent être congénitaux, post-traumatiques, post-infectieux ou post-inflammatoires. Les kystes arachnoïdiens d'origine congénitale résulteraient d'une différenciation insuffisante de l'endoméninx (qui est le précurseur de la pie-mère et de l'arachnoïde), par faiblesse d'intensité du flux de LCS. Un compartiment totalement ou partiellement fermé peut se constituer et former un véritable kyste dont le remplissage est assuré par des clapets membranaires (123).

En outre, trois théories sont avancées dans la genèse des kystes arachnoïdiens :

- Le LCS fuit d'un ventricule ou d'une citerne vers un espace préformé (exemple : agénésie du lobe temporal) à travers une fistule unidirectionnelle. C'est aussi le mécanisme des kystes arachnoïdiens post-traumatiques.

- La pression osmotique dans la cavité du kyste est supérieure à celle du LCS. Celui-ci fournit le kyste par différence de gradient de pression osmotique.

- L'existence d'une sécrétion active au sein des parois du kyste.

Les IRM de flux montrent que le kyste est communicant dans un sens. Il se remplit par un « orifice-clapet » à partir d'un espace sous arachnoïdien (équivalent du pneumothorax suffocant). Le phénomène de valve est le plus souvent causé par un manchon arachnoïdien péri-vasculaire (123,187). La pression intra-kystique moyenne est égale à la pression maximale systolique du LCS. Ces kystes deviennent alors compressifs puis symptomatiques (céphalées, nausées, vomissements, malaises, troubles de l'équilibre, puberté précoce, épilepsie...).

A la TDM, le kyste arachnoïdien supra-sellaire est une lésion hypodense, non calcifiée, ne prenant pas le contraste, ovale ou ronde, dans la région du III^{ème} ventricule réalisant typiquement l'aspect en Mickey Mouse. Le diagnostic de certitude est posé par l'IRM et par la TDM avec injection intra-ventriculaire de produit de contraste.

En 1990, 120 cas de kystes arachnoïdiens supra-sellaires sont décrits dans la littérature française et anglosaxonne (31, 53, 158). Ils représentent 15 % des kystes intracrâniens et sont dus à une imperforation de la membrane de LILIEQUIST (28), qui normalement perforée, divise la

citerne supra-sellaire en une partie chiasmatique et une partie inter-pédonculaire. Cette anomalie congénitale ou secondaire à une arachnoïdite crée un obstacle au flux du LCS venant de l'étage sous-tentorial, ce qui entraîne la formation d'une poche qui pousse en haut vers le III^{ème} ventricule et qui reste en communication avec la citerne pré-pontique.

Sur le plan histologique, les parois du kyste arachnoïdien sont superposables à l'arachnoïde avec la présence de clusters de cellules mésothéliales. L'entité la plus remarquable est la configuration histologique typique en bordure du kyste. Il s'agit d'une parfaite duplication de l'arachnoïde définissant ainsi la cavité purement intra-arachnoïdienne. Il n'existe aucune cellule inflammatoire et aucun dépôt d'hémosidérine au sein des parois du kyste (excepté en cas de saignement). Récemment, une concentration anormalement élevée d'acides aminés a été décrite notamment chez des patients présentant des crises convulsives en rapport avec le kyste.

3-2 Traitements chirurgical et endoscopique

Les kystes arachnoïdiens posent 3 priorités thérapeutiques différentes : l'effet de masse, les signes cliniques et l'hydrocéphalie secondaire. Beaucoup d'auteurs s'accordent à dire que les kystes non symptomatiques, découverts fortuitement, ne constituent pas une indication chirurgicale. Cependant, le dépistage néonatal, étant de plus en plus développé, certains chirurgiens, impressionnés par des images de kystes asymptomatiques géants, traitent les images.

Plusieurs techniques opératoires ont été recommandées pour le traitement du kyste arachnoïdien : l'excision microchirurgicale (kystectomie ouverte totale ou partielle), l'aspiration stéréotaxique, la dérivation kysto-sous-durale, ventriculo-péritonéale ou ventriculo-atriale ont été utilisées. Le résultat était souvent décevant.

Les abords sous-frontaux ont été souvent dangereux ou inefficaces. Les dérivations ont causé l'augmentation paradoxale du kyste dans 40 % des cas.

La ventriculokystostomie était réalisée auparavant sous contrôle radioscopique, mais par la suite, la voie endoscopique a été considérée comme une meilleure alternative (25,158).

Lorsque le kyste est symptomatique, on dispose donc de 3 armes thérapeutiques : l'abord direct par crâniotomie à ciel ouvert, la dérivation et la fenestration endoscopique.

L'abord direct par crâniotomie traditionnelle permet d'enlever les parois du kyste et de coaguler les veines d'amarrage responsables des saignements intra-kystiques lors des traumatismes crâniens. En effet, des études récentes d'abord direct par crâniotomie avec exérèse kystique font état de 73 % à 96 % de succès à long terme, notamment sur les kystes sylvians (123). Cependant, elle reste le traitement de choix uniquement pour les kystes superficiels (vallée sylvienne), pour les autres localisations, l'abord direct n'est pas indiqué à cause du caractère profond du kyste et le vrai débat porte alors sur la question : « *To shunt or to fenestrate ?* ». WALKER (202) a déclaré que la marsupialisation endoscopique des kystes arachnoïdiens supra-sellaires serait le traitement idéal, ces derniers étant facilement accessibles *via* le trou de Monro. Le point d'entrée au niveau de la capsule est déterminé sur les images d'IRM ou lors de la neuronavigation assistée par ordinateur. La procédure endoscopique comporte un abord frontal trans-ventriculaire, le plancher du III^{ème} ventricule sera souvent la première structure observée à travers le foramen de Monro et il faudra le plus souvent le traverser pour atteindre la lésion à traiter. Dans le cas des kystes arachnoïdiens supra-sellaires, l'objectif du traitement est la paroi inférieure du kyste, dans la citerne où siège habituellement un mécanisme de clapet à l'origine de la croissance du kyste. L'orifice réalisé dans la paroi supérieure (qui n'est autre que le plancher distendu du III^{ème} ventricule), n'est que le passage obligé vers l'objectif défini plus haut, et il doit être le plus large possible.

Pour réaliser la stomie, plusieurs techniques ont été envisagées :

- par sonde de FOGARTY à ballon : impossible car elle glisse tangentiellement et ne permet pas la perforation (raison probable des échecs des dérivations externes).
- par coagulation bipolaire puis FOGARTY (199).
- le laser Nd-YAG qui permet de façon sûre et rapide de réaliser une large fenêtre (199).

4- Hématomes intra-crâniens

4-1 Généralités

Certes, le traitement chirurgical de l'hématome intracrânien n'a aucun effet sur les lésions de l'hématome lui-même et peut causer d'autres dégâts cérébraux *via* la voie d'abord, mais pour ses partisans, l'évacuation de l'hématome, en baissant la pression intracrânienne, améliore le pronostic vital et pourrait éviter les lésions ischémiques secondaires à l'effet de masse, à la diminution du flux sanguin et aux produits de dégradation du sang.

4-2 Traitement endoscopique

Le but de l'endoscopie dans le traitement chirurgical des hématomes intracrâniens est de minimiser le traumatisme iatrogène dû aux voies d'abord classiques ouvertes et ainsi de rendre le traitement chirurgical plus rentable.

AUER (18), utilise une petite crâniotomie d'environ 1cm de diamètre. L'endoscope est introduit sur quelques millimètres dans l'hématome. Celui-ci apparaît noir sur l'écran. L'irrigation est mise en route pour éclaircir la partie adjacente au bout distal de l'endoscope. Le caillot apparaît alors rouge sombre. L'aspiration est déclenchée par intermittence. De proche en proche et en déplaçant l'endoscope, une grande partie de l'hématome est ainsi enlevée. La cavité est maintenue ouverte par une solution RINGER. Le laser peut être utilisé pour coaguler les saignements. A la fin, la cavité est reliée à un drainage externe pour faciliter le collapsus et drainer le liquide hémorragique.

Il a pu ainsi évacuer 30 hématomes sur hypertension artérielle et 4 hématomes post-traumatiques dont 15 lobaires, 15 des noyaux gris centraux, 2 intra-ventriculaires et 2 cérébelleux.

L'évacuation a été considérée complète dans 38 % des cas, subtotale dans 53 %, et partielle dans 9 %. Tous les patients ont été opérés dans les deux à trois jours après le saignement.

Dans plusieurs cas, une résolution rapide des troubles neurologiques a été notée et il n'y a pas eu de mortalité ou de morbidité imputables à l'intervention.

La technique endoscopique semble à AUER plus facile et plus courte que la procédure chirurgicale classique et semble aussi être le traitement de choix des hématomes intra-ventriculaires qui, spontanément ont une évolution fatale. De même pour les hématomes cérébelleux où l'indication chirurgicale est formelle.

FARAKHAN (114) a étendu ses indications à toutes les lésions post-traumatiques. Sur un total de 109 cas, il a eu 3 récurrences et 16 décès (15 %).

HELLWIG (90) a traité endoscopiquement des hématomes sous-duraux chroniques multicompartimentés où habituellement, il fait une large crâniotomie. A travers un petit trou de trépan, les membranes sont coupées par des microciseaux sous contrôle de la vue. Dans les 8 cas opérés, les suites opératoires ont été simples.

KIM (117) compare deux procédures chirurgicales, l'évacuation per-endoscopique et le drainage stéréotaxique chez 18 patients ayant des hématomes cérébraux hypertensifs. La première technique a été utilisée chez 8 patients et la seconde chez 10 patients. Le volume moyen de l'hématome était de 34,4 ml. La durée moyenne de suivi était de 8 mois. Sous anesthésie locale, une canule d'Otzuki a été mise en place à travers le trou de trépan. L'hématome a été évacué par aspiration et à l'aide de forceps sous guidage endoscopique. L'hémostase a été effectuée grâce au laser Nd-YAG. Pour le drainage stéréotaxique, un cathéter en silicone et de l'urokinase ont été utilisés.

Tableau 1 : Comparaison entre l'évacuation endoscopique et le drainage stéréotaxique des hématomes intra-cérébraux (117).

	Evacuation per endoscopique	Drainage stéréotaxique
Nombre de patients	8	10
Durée de drainage	3 à 5 jours	7 à 10 jours
Nombre de décès	1	1

L'hématome a été drainé en 3 à 5 jours par l'évacuation per-endoscopique et en 7 à 10 jours par le drainage stéréotaxique.

Le taux de mortalité a été de 10 % chez les patients traités par stéréotaxie et de 13 % chez ceux traités par endoscopie. Il a été conclu que cette dernière pouvait remplacer le drainage stéréotaxique avec une mortalité similaire.

STACHURA (192) rapporte une série de 23 patients ayant bénéficié d'une évacuation d'hématomes intra-cérébraux spontanés par endoscopie. Les symptômes en rapport avec l'œdème cérébral ont été résolus chez tous les patients, une réduction du déficit neurologique focal a été observée chez 16 patients, par contre, 3 patients se sont vu leur symptomatologie inchangée et 4 sont décédés. L'évacuation complète a été obtenue chez 6 patients, une réduction partielle a été obtenue chez 17 patients.

L'endoscopie semble donc une alternative utile pour l'évacuation de l'hématome intra-cérébral spontané. Elle permet l'abord minimal invasif et offre comme avantage par rapport à l'évacuation stéréotaxique le contrôle visuel et l'utilisation d'instruments comme le forceps et les pinces de coagulation bipolaire.

D'un autre côté, FUENTES (71) rapporte son expérience de deux cas d'hématome intra-ventriculaire responsable d'une hydrocéphalie obstructive, traités par une vidange endoscopique des caillots et une VCS. Cette situation est particulière et n'a été décrite que très peu dans la littérature car il est rare que les conditions optimales soient réunies pour réaliser le geste endoscopique dans ce cas ; à savoir une hydrocéphalie obstructive symptomatique, due à un ou plusieurs caillots n'occupant qu'une partie du volume ventriculaire et étant suffisamment organisés, donc présents depuis quelques jours, pour ne pas entraîner un saignement per-opératoire et permettre une visibilité compatible avec l'utilisation d'un endoscope.

Il a été frappant de constater que, sur les 23 cas rapportés dans la littérature jusqu'en 2002, aucun n'a nécessité de dérivation à distance (13, 18, 99, 148). Si l'on pense que l'hydrocéphalie peut être provoquée par un feutrage cicatriciel au niveau de l'aqueduc du mésencéphale ou par la présence prolongée de sang dans les espaces méningés, la vidange des

caillots et la pratique concomitante d'une VCS devraient logiquement réduire le risque d'hydrocéphalie secondaire.

5- Endoscopie et pathologie tumorale

Si l'imagerie (Scanner, IRM) et la stéréotaxie occupent une place prépondérante dans le diagnostic de la nature des tumeurs intra-cérébrales, l'endoscopie garde un avantage dans certains cas, bien qu'elle se restreigne actuellement à des biopsies et aspirations-marsupialisations des kystes tumoraux. L'adjonction de nouvelles technologies telles que l'imagerie tri-dimensionnelle, le laser et autres peut rendre l'ablation des tumeurs tout à fait possible. Son domaine accessible actuellement est représenté par les tumeurs kystiques et les tumeurs intra et/ ou juxta-ventriculaires.



Tumeur implantée sur le pourtour
du foramen de Monro ...

L'exérèse endoscopique des tumeurs cérébrales n'est pas vraiment encore aujourd'hui à la portée, excepté les kystes colloïdes du III^{ème} ventricule. Mais, dans ce cas particulier, l'exception est plus du côté de la lésion que de la technique endoscopique elle-même : il s'agit d'un kyste à croissance lente, en grande partie libre dans la lumière ventriculaire et surtout ne saignant pas lorsqu'il est ponctionné, se prêtant ainsi aisément à quelques gestes techniques assez élémentaires. En effet, « l'ennemi » de l'endoscopie est l'hémorragie qui, pour peu qu'elle soit importante (à l'échelle du champ de vision), vient compromettre la poursuite de l'intervention par perte de l'essentiel : le contrôle de la vue. Or, l'une des caractéristiques des tumeurs est, justement, de saigner au contact des instruments qui tentent de les extirper.

Ce préambule trace les limites de l'approche endoscopique des lésions du III^{ème} ventricule.

Les petites tumeurs pauvrement vascularisées du ventricule latéral et du III^{ème} ventricule, responsables d'une dilatation ventriculaire par obstruction des voies d'écoulement du LCS, constituent des indications idéales pour une approche endoscopique. La dilatation ventriculaire fournit un espace suffisant pour manipuler l'endoscope et les instruments.

Le facteur limitant majeur de la résection endoscopique des tumeurs est la taille tumorale.

Il est clair que la résection endoscopique des tumeurs même petites, allonge la durée de l'intervention. Les avantages de cette technique moins invasive est l'approche des lésions par un petit trou de trépan et une moindre rétraction du parenchyme cérébral. Le diamètre de la chemise dans laquelle l'endoscope est introduit (supérieur à 6 mm) est suffisant pour enlever de grands copeaux de la tumeur. La taille limite de la tumeur pour obtenir une résection endoscopique efficace est difficile à déterminer. Cependant, une tumeur solide ne devrait pas dépasser 2 cm de diamètre. En plus, la consistance et le caractère vasculaire de la tumeur doivent être considérés. La résection d'une tumeur molle est plus facile et plus rapide qu'une lésion ferme. Si la tumeur est kystique ou à prédominance kystique, même les plus grandes lésions peuvent être réséquées par endoscopie. Les lésions vasculaires telles que les cavernomes

et les hémangiomes peuvent être réséquées sans risque à l'aide d'un laser Nd-YAG et par coagulation bipolaire (136).

Concernant le choix du matériel endoscopique, dans l'état actuel des progrès technologiques, les systèmes à lentilles rigides offrent une qualité de vue encore bien supérieure aux systèmes souples à fibres. Pour les lésions du III^{ème} ventricule, la durée des interventions est très supérieure à la durée de réalisation d'une ventriculocisternostomie. La durée de la procédure et la multiplication de petits saignements ou la contamination du LCS par du matériel colloïde, altèrent la qualité et la clarté de l'image, justifiant la préférence pour l'endoscope rigide à lentilles, offrant une meilleure qualité de vue, quoique le traitement des kystes colloïdes ait déjà été décrit à l'aide d'un système souple à fibres.

La durée de la procédure impose de disposer d'un bras de fixation, la main ne pouvant maintenir l'endoscope sans dommage pour le parenchyme cérébral pendant un temps souvent supérieur à l'heure. De même, la possibilité d'utiliser simultanément deux instruments rend obligatoire la fixation de la chemise dans un bras de fixation. La taille des canaux opérateurs est également un point important pour pouvoir utiliser des instruments et surtout des canules d'aspiration de taille suffisante pour réaliser une évacuation efficace.

GAAB et SHROEDER (187) ont rapporté une série de 23 patients ayant des lésions intra-ventriculaires traitées endoscopiquement, comportant 6 astrocytomes, 3 sub-épendymomes, 2 épendymomes, un pinéaloblastome, un pinéocytome, un kyste épidermoïde, un kyste pinéal, un médulloblastome, un hémangiome artério-veineux, un cavernome, un papillome des plexus choroïdes, un adénome pituitaire, un crâniopharyngiome, un mélanome et un germinome. Des résections tumorales totales et partielles, des biopsies, des septostomies et des ventriculocisternostomies ont été réalisées. Dans deux cas (deux sub-épendymomes dont la taille était supérieure à 2 cm de diamètre), la résection endoscopique a été difficile à cause de la consistance dure des tumeurs qui ont dû être traitées microchirurgicalement.

Dans les autres cas, la procédure s'est déroulée comme prévu. La durée moyenne des interventions était de 85 min (entre 35 et 170 minutes). Le kyste épidermoïde a été complètement évacué et sa paroi largement réséquée. Une résection complète des tumeurs

solides a été réussie dans cinq cas et la plupart des astrocytomes a été partiellement réséquée. Les symptômes inhérents à l'hydrocéphalie ont disparu chez tous les patients. La mortalité opératoire était nulle. Dans deux cas, une hémorragie majeure est survenue mais a pu être contrôlée endoscopiquement. Les auteurs ont observé un cas de méningite, un mutisme, deux pertes de mémoire attribuées à une lésion du fornix et un cas de confusion transitoire survenue après biopsie d'un germinome.

Au décours de cette expérience préliminaire, l'approche endoscopique est considérée comme une méthode sûre et efficace qui doit être prise en considération dans le traitement des lésions intra-ventriculaires.

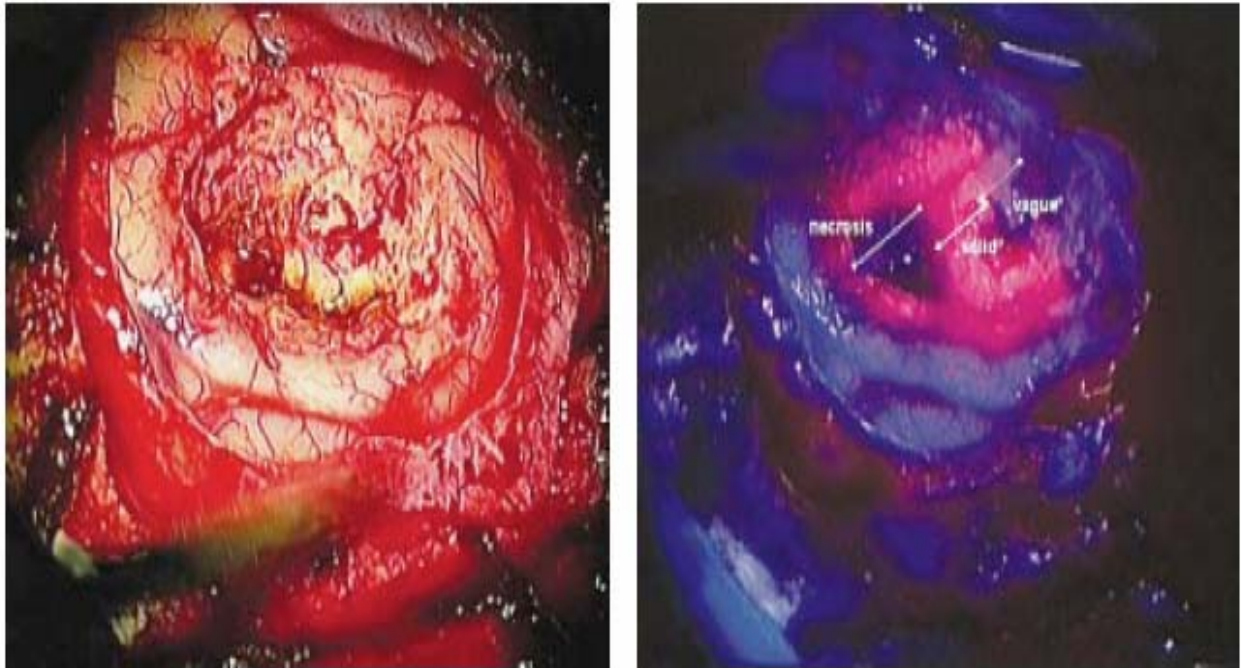
L'équipe de la section de Pédiatrie et de Neurochirurgie congénitale, du département de Neurochirurgie, de l'Institut de Neurologie à Cleveland Clinic aux USA (190), rapporte deux cas de multiples nodules tumoraux cérébraux, traités par endoscopie guidée par l'imagerie, utilisant deux neuroendoscopes rigides à 4 mm (DCI : Storz and Co, Germany) et un système de neuronavigation (Z-KAT, Marconi-USA). Il s'agissait d'une patiente de 32 ans, ayant de multiples hémangioblastomes et d'un patient de 46 ans, ayant 2 astrocytomes récidivants. L'écran de neuronavigation permettait d'obtenir des coupes d'IRM axiales, coronales et sagittales, montrant la localisation et la trajectoire de la pointe de l'endoscope. Des angles à 0° et à 30° ont été utilisés en alternance durant la procédure, une incision cutanée linéaire de 3cm a été réalisée pour les deux cas. La procédure s'est déroulée à l'aide d'un système de neuronavigation avec interprétation des images en tri-dimensionnel. Trois nodules tumoraux chez le premier patient et deux nodules chez le deuxième ont été extirpés directement sous visualisation endoscopique et navigation avec un guidage en tri-dimensionnel des images, démontrant l'efficacité de cette procédure, en particulier pour les lésions intra-crâniennes multiples, grâce à la neuronavigation qui coordonne la mobilité de la pointe de l'endoscope et la trajectoire de la cible.

ANDRE EHRHARDT (57) a rapporté les résultats de ses études cliniques utilisant la fluorescence et la thérapie photo-dynamique dans le diagnostic et le traitement des tumeurs cérébrales malignes à un stade précoce. Ces méthodes sont basées sur l'interaction entre une

lumière d'une longueur d'onde appropriée, avec une substance qui s'accumule électivement sur la tumeur maligne et qui produit une fluorescence ou bien un effet phototoxique. Parmi ces substances, figure l'acide 5 amino-lévulinique (5 ALA) qui retient le plus d'intérêt de la part des chercheurs. Le 5 ALA n'induit pas en lui-même une fluorescence, mais il entraîne la synthèse de porphyrines fluorescentes, principalement la protoporphyrine IX (PP IX), qui s'accumule électivement dans le tissu tumoral. L'élément principal dans le dispositif de diagnostic par fluorescence est une puissante source lumineuse qui filtre le xénon. Un système flexible de transmission de la lumière guide la stimulation lumineuse vers un endoscope spécial ou bien vers un microscope opératoire. Une caméra vidéo, spécialement modifiée est utilisée pour la documentation (Fig.). Pour une performance plus optimale, la stimulation et l'émission ont été conçues de sorte qu'elles procurent un contraste de couleur : une fluorescence PPIX rouge provenant des tissus suspects de malignité, versus une lumière bleue dispersée, provenant des tissus normaux. Concernant les endoscopes, plusieurs variétés rigides ou flexibles sont disponibles pour le diagnostic par fluorescence. Ces endoscopes diffèrent des endoscopes standards par le fait qu'ils sont dotés d'un système optimal de transmission lumineuse. De plus, un filtre est placé dans le système oculaire de ce genre d'endoscope, afin de bloquer la plupart des rayons lumineux susceptibles de se disperser après leur émission (filtre d'émission). La caméra utilisée est dotée d'un mode couleur spécial pour la détection de la fluorescence PPIX.

En Neurochirurgie, la pathologie tumorale maligne du système nerveux central se prête bien à ce genre de procédure de diagnostic par fluorescence, en particulier l'astrocytome malin qui est de mauvais pronostic. En effet, malgré la chirurgie combinée à la radiothérapie et à la chimiothérapie, le taux de survie à un an atteint 60 % pour l'astrocytome anaplasique et 27 % pour le glioblastome. Le but de la chirurgie est d'allonger le temps de survie des patients mais aussi de maintenir au maximum les fonctions neurologiques, or, une exérèse tumorale large, qui est nécessaire, risque justement de compromettre les fonctions neurologiques. De plus, souvent en per-opératoire, les limites entre le tissu tumoral malin et le tissu sain demeurent difficiles à préciser, ce qui peut conduire à l'exérèse non intentionnelle du tissu normal ou à la non exérèse du tissu tumoral. Le besoin s'est fait alors ressentir d'inventer une technique qui permette de

visualiser avec précision les régions cérébrales envahies par la tumeur maligne dont les cellules métabolisent le 5ALA exogène appliqué, en PPIX.



A gauche : image per-opératoire d'une tumeur cavitaire vue sous lumière blanche conventionnelle .

A droite : la même tumeur vue par la technique de fluorescence ; illumination bleu-violet témoignant de l'existence d'une nécrose.

Dans une étude clinique menée par STUMMER et ses collègues (196), neuf patients ont été traités à l'aide du système prototype de fluorescence. Les tissus tumoraux ont montré une forte fluorescence rouge, 89 biopsies ont été réalisées au niveau de la zone de transition entre le tissu tumoral et le tissu d'apparence normale. L'étude de ces biopsies a permis de dégager une sensibilité de 85 % et une spécificité de 100 % de cette procédure d'exérèse guidée par fluorescence.

ANDRE EHRHARDT conclut que les neurochirurgiens disposent désormais d'une procédure efficace, efficiente et inoffensive pour détecter les cancers à un stade précoce, c'est la résection guidée par fluorescence.

CHARLES TEO et PETER NAKAJI (198) ont inspecté endoscopiquement la cavité tumorale chez la quasi-totalité des patients ayant eu une résection de tumeurs cérébrales de 2000 à 2005, il en a conclu que l'endoscopie pouvait être un traitement adjuvant de choix dans des cas sélectionnés, où la profondeur de la tumeur est grande et la cavité est couverte par une importante partie de cortex cérébral. Utilisés en combinaison, le microscope et l'endoscope permettent de maximiser la résection des tumeurs intra-crâniennes. Toutefois, il n'existe pas encore de larges études qui puissent valider les avantages de l'usage de l'endoscopie dans le traitement des tumeurs intrinsèques du cerveau.

A côté de l'exérèse tumorale, l'endoscopie permet de réaliser des biopsies à visée diagnostique dans la même procédure que les ventriculocisternostomies (44). La biopsie est toujours possible si la lésion se situe sur le trajet normalement emprunté par l'endoscope (corne frontale du ventricule latéral, pourtour du foramen de Monro, partie antérieure du III^{ème} ventricule) . Elle est beaucoup plus délicate pour les tumeurs pinéales. La biopsie d'une tumeur pinéale réalisée au cours du même trajet que celui utilisé pour une ventriculocisternostomie n'est possible avec le neuroendoscope que si la tumeur bourgeonne dans la lumière du III^{ème} ventricule et atteint le plan de l'accolement inter-thalamique. Si la tumeur est plus postérieure, l'inclinaison exigée de la chemise entre la trajectoire réalisée pour la ventriculocisternostomie et celle nécessaire pour la biopsie sont incompatibles, sauf variation anatomique, avec le respect des structures anatomiques normales délimitant le foramen de Monro. On ne peut donc pas,

réaliser sans risque au cours de la même descente cérébrale, à la fois une ventriculocisternostomie et un geste au niveau ou à la hauteur de l'aqueduc de Sylvius.

Les biopsies entraînent en général un saignement qui doit être contrôlé dans un premier temps par irrigation et si cela ne suffit pas, par coagulation qui doit cependant être évitée au maximum car elle induit des modifications tissulaires importantes sur le site de prélèvement.

YOSHIHIRO NATORI (143), rapporte huit cas de tumeur envahissant la paroi ventriculaire, dont cinq ont bénéficié d'une biopsie par voie neuroendoscopique. Pour ce faire, il a utilisé un neuroendoscope flexible de 4 mm de diamètre (de type Olympus VEF). Dans quatre cas, l'envahissement tumoral a été confirmé durant la procédure endoscopique par le changement de la coloration de la paroi ventriculaire chez ces patients. Chez ces patients, la biopsie était réussie. Dans un cas, la TDM et l'IRM cérébrales ont montré que la tumeur envahissait la paroi ventriculaire sans que la vision neuroendoscopique puisse confirmer cet envahissement, la biopsie a alors échoué. Dans la plupart des cas, l'hémostase a été obtenue uniquement par irrigation par du LCS artificiel, mais chez un patient ayant un papillome des plexus choroïdes, la coagulation par électrode monopolaire a été envisagée.

ZAMORANO (205) a réalisé par endoscopie des biopsies de 75 tumeurs cérébrales qui ont permis d'obtenir un diagnostic histologique dans 100 % des cas sans mortalité ni morbidité opératoires.

Dans la série publiée par DECQ (47), 20 patients ont eu des biopsies, ils présentaient tous une tumeur de la région pinéale. Une biopsie n'a été possible que quatre fois (20 %). Il s'agissait d'un germinome, de deux pinéalcytomes et d'une métastase. Aucun de ces prélèvements ne s'est compliqué d'hémorragie ou de troubles neurologiques. Dans tous les cas, la taille et le nombre de prélèvements ont été suffisants pour poser un diagnostic et proposer un traitement.

6– Pathologie de l'angle ponto-cérébelleux

L'angle ponto-cérébelleux, dénommé par Cushing « le coin sombre de la neurochirurgie » comporte encore des recoins sombres malgré l'apport du microscope

opératoire. L'abord de ces recoins sombres nécessite des manœuvres d'écartement ou de dissection qui, même minimes, peuvent être dangereuses pour les éléments vasculo-nerveux abondants dans cette région, ceci en particulier dans la recherche d'un conflit vasculo-nerveux (névralgie faciale et hémispasme facial) et au cours de la chirurgie du neurinome de l'acoustique où un meilleur repérage des structures adjacentes pourrait améliorer encore le pronostic fonctionnel.

L'idée de l'endoscopie de l'angle ponto-cérébelleux n'est pas neuve : déjà en 1917, DOYEN (54) recommandait l'utilisation d'un endoscope pour visualiser par voie postérieure la racine du trijumeau. En 1972, GAGCIN a essayé de développer une technique endoscopique pour permettre le diagnostic des tumeurs de l'angle ponto-cérébelleux. En 1974, PROTT (167) propose la cisternoscopie par voie rétrolabyrinthique transmastoidienne.

En 1979, OPPEL et MULCH (153) publient une technique endoscopique de dissection du trijumeau.

L'avantage de l'utilisation de l'endoscope réside dans le fait qu'après une dissection minime, il peut être introduit entre le cervelet et le rocher permettant ainsi d'identifier un conflit vasculo-nerveux qui peut passer inaperçu même sous microscope.

FUKUSHIMA (72), en 1978, en utilisant un endoscope de 1,45 mm de diamètre sur des cadavres, a pu explorer l'angle ponto-cérébelleux par une petite voie rétrosigmoidienne. Ceci lui a permis d'observer tous les éléments de l'angle, la partie antérieure du pont et le clivus.

7- Pathologie hypophysaire

7-1 Historique

Les tumeurs hypophysaires sont le plus souvent abordées par voie rhino-septale, sous-labiale par les neurochirurgiens. Les deux grandes innovations de cette technique remontent à la fin des années 60. Ce sont le microscope opératoire et la fluorescence qui permettent un repérage radiologique instantané de la position des instruments. Depuis 1980, l'endoscopie a profondément modifié la chirurgie des cavités naso-sinusiennes et

notamment du sinus sphénoïdal. Pour la première fois, en 1922, JANKOWSKI (87) décrit 3 cas d'adénomes hypophysaires opérés par voie endonasale sous contrôle endoscopique.

Depuis, DHARAMBIR, GAMEA, HELAL et RICARDO décrivent l'utilisation de l'endoscope dans la chirurgie hypophysaire (87).

7-2 Indications de l'endoscopie

Avec le développement du matériel endoscopique, l'utilisation de la neuronavigation (142), l'expérience des opérateurs et les études anatomiques réalisées dans ce domaine, la technique endoscopique a permis non seulement le contrôle de la région sellaire, mais aussi de nombreuses structures de la base du crâne (9,69, 108, 109). Les études anatomiques ont montré que le sinus sphénoïdal, selon le principe de la « chirurgie du trou de serrure », pouvait être considéré comme une fenêtre ouverte sur la fosse crânienne antérieure, moyenne et postérieure (7,8). Il était déjà possible, avec les techniques microchirurgicales, d'aborder les structures strictement médianes (planum sphénoïdal, selle turcique et clivus). Mais l'endoscopie offre aussi un accès aux structures des parois postérieures et latérales du sinus sphénoïdal, y compris le sinus caverneux (7). L'endoscopie permet l'exérèse par voie endo-narinale de macro ou micro-adénomes, de lésions supra-sellaires, de méningiomes du tuberculum sellae, d'adénomes envahissant le sinus caverneux (69,108,109) ou encore le traitement de méningiomes du sinus caverneux par radiochirurgie aux rayons gamma knife qui pourrait servir non seulement comme traitement adjuvant à la chirurgie des méningiomes du sinus caverneux mais aussi comme une alternative à l'exérèse chirurgicale, vu son innocuité et son efficacité même pour les tumeurs qui adhèrent à l'appareil optique (106).

En outre, certaines pathologies ethmoïdales et de la fosse crânienne antérieure (notamment les fistules du LCS sont depuis longtemps abordées par voie endoscopique (10).

7-3 Technique : (35)

– Le matériel endoscopique :

On utilise un endoscope rigide, sans canal de travail. Il en existe 3 types qui diffèrent selon la longueur, le diamètre et la direction de vue :

- Endoscope à 0°, 30°, 45°, de 18 cm de longueur et de 4 mm de diamètre.
- Endoscope à 0° et 30°, de 18 cm de longueur et de 2,7 mm de diamètre.
- Endoscope à 0° et 30°, de 30 cm de longueur et de 4 mm de diamètre.

L'endoscope est ici uniquement un dispositif optique et donc, il n'est pas doté d'un canal de travail. Les instruments sont par conséquent introduits dans la même narine, en dehors de l'endoscope. L'abord d'une seule narine est moins traumatique et doit donc être privilégié. Cependant, il peut s'avérer utile d'utiliser la narine controlatérale pour l'insertion du tube d'aspiration ou d'autres instruments au besoin. L'opération est réalisée à l'aide de l'endoscope 0°, puis, après l'exérèse de la lésion, l'exploration des régions para et supra-sellaires est effectuée par les endoscopes à 30° et/ou à 45°, tournés en haut ou en arrière en fonction de la région à explorer.

Un système d'irrigation spécial est utilisé pour laver l'objectif distal des lentilles. La caméra et le câble des fibres optiques sont connectés à un système vidéo et à une source de lumière froide, la totalité du système d'imagerie est placée derrière la tête du patient, en face du chirurgien.

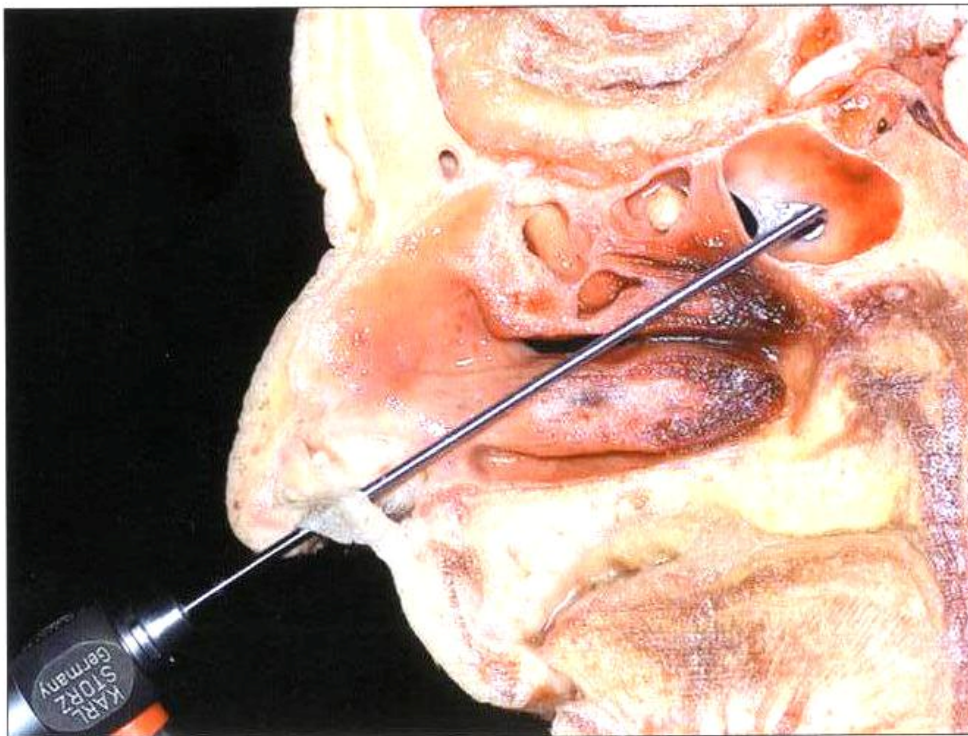
- La position du patient :

En décubitus dorsal sur la table opératoire, avec la poitrine soulevée à 10° et la tête légèrement fléchie, solidement fixée et tournée à 10° vers le chirurgien.

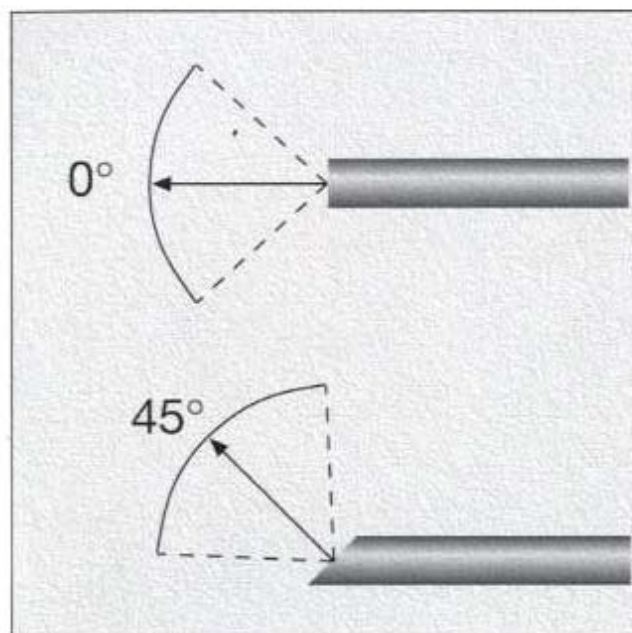
- La procédure :

- La désinfection et la décongestion des cavités nasales : utilisant un petit spéculum nasal et des tampons en coton qui sont placés dans le plancher de la cavité nasale et dans l'espace entre le septum nasal et le cornet moyen, pendant 10 minutes.

Le choix de la narine dépend de son état, déterminé préalablement par l'imagerie, et de l'extension latérale de la lésion, mais, pour accéder à une lésion latéralisée, il est plus facile de l'aborder par la narine controlatérale. Ceci est vrai en particulier pour les adénomes envahissant le sinus caverneux.



L'approche endoscopique transsphénoïdale, endonasale



Système HOPKINS 0° et 45° sans canal de travail.

a- La phase nasale :

Une fois l'endoscope introduit dans une narine, les cornets inférieur et moyen ainsi que le septum nasal sont identifiés. Le cornet moyen est légèrement luxé latéralement. Les tampons en coton sont enlevés et l'espace entre le septum nasal et le cornet moyen apparaît alors plus large. En bougeant l'endoscope en avant entre le cornet moyen et le septum nasal à 30°, l'opérateur accède à la paroi antérieure du sinus sphénoïdal où se présente normalement l'ostium sphénoïdal.

b- La phase sphénoïdale :

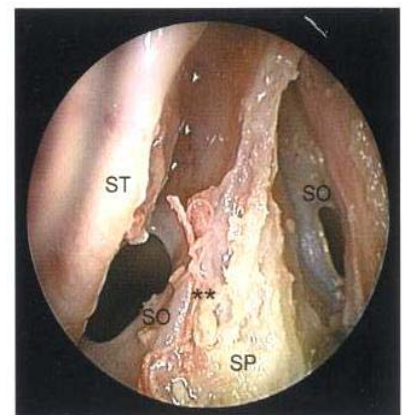
L'ostium sphénoïdal peut varier dans sa forme, ses dimensions et sa localisation, d'où l'intérêt de bien connaître ses variantes anatomiques. L'élargissement de l'ostium en inféro-médial et en inféro-latéral peut entraîner un saignement important provenant des petites branches terminales de l'artère sphéno-palatine. Ce saignement peut être contrôlé par la coagulation mono ou bipolaire. Après cet élargissement, la partie postérieure du septum nasal est disséquée pour atteindre la moitié contralatérale du sinus sphénoïdal, ensuite, le rostre sphénoïdal est disséqué et l'ouverture du sinus sphénoïdal dans la paroi antérieure est complète. L'optique rigide permet d'explorer la totalité de la cavité sphénoïdale afin d'identifier tous les points de référence nécessaires à la fenestration correcte du plancher sellaire (les septa sphénoïdaux, les proéminences optique et carotidienne, le clivus et le planum sphénoïdal) .



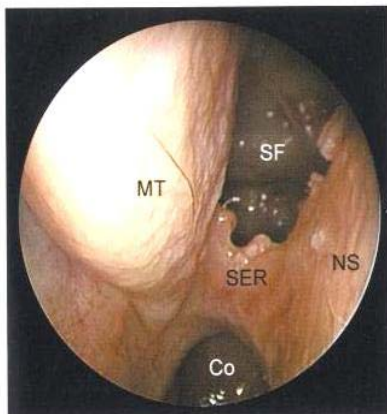
Cavité nasale droite. Phase nasale



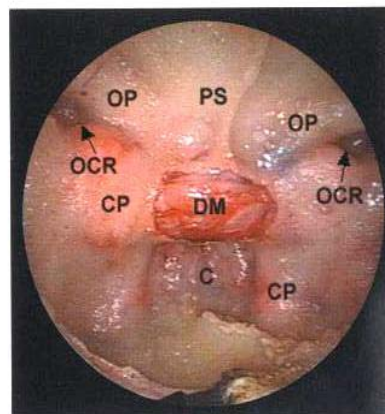
Phase nasale.



Phase sphénoïdale. Exposition de la paroi antérieure du sinus sphénoïdal



Phase sphénoïdale. Spénoïdectomie antérieure



Phase sphénoïdale. Les principaux repères de la partie postérieure du sinus sphénoïdal



L'ouverture du planum sphénoïdal

- ST : Cornet supérieur
- SO : Ostium sphénoïdal
- SER : Récessus sphéno-éthmoïdal
- PS : Planum sphénoïdal
- C : Clivus
- CP : Protubérance carotidienne
- MT : Cornet moyen
- CO : Choâne
- OCR : Récessus opto-carotidienne
- OP : Proéminence du nerf optique
- NS : Séptum nasal

c- La phase sellaire :

Comprend :

- Le détachement de la muqueuse sphénoïdale qui tapisse le plancher sellaire ; quand cette muqueuse paraît intacte, il suffit de la pousser vers le côté à l'aide d'un dissecteur, par contre, si elle paraît hypertrophique ou infiltrée par la lésion sellaire, elle doit être réséquée .
- La fenestration du plancher sellaire : elle est réalisée avec un micro-rongeur puis élargie à l'aide d'un micro-rongeur de type Kerrison et /ou de punches de Stammberger , jusqu'à accès aux proéminences carotidiennes latéralement, au planum sphénoïdal en haut et au clivus en bas .
- L'incision de la dure-mère : à l'aide d'un scalpel, une incision cruciforme est alors effectuée au niveau de la dure-mère.
- L'inspection de la cavité sellaire :

L'inspection initiale est réalisée avec un endoscope à 0°, exposant ainsi la glande et la tige pituitaires, ensuite, des endoscopes à 30° et / ou à 45° sont utilisés : en réclinant l'hypophyse, l'endoscope est dirigé vers le haut, afin de visualiser la citerne supra-sellaire et latéralement, pour explorer la paroi médiale du sinus caverneux.

d- L'ouverture du planum sphénoïdal :

La partie postérieure du planum sphénoïdal peut facilement être écartée à l'aide d'un micro-rongeur et d'un punch de type Kerrison. Après avoir ouvert la dure-mère et la citerne, le chiasma optique, les deux nerfs optiques et les structures vasculaires de la partie antérieure du cercle de Willis deviennent visibles.

e- L'ouverture des proéminences carotidiennes :

La meilleure façon de procéder est d'ouvrir le plancher sellaire, permettant au punch de Kerrison de diriger la proéminence carotidienne dans une direction médio-latérale. Ceci expose la surface antéro-médiale de la portion intra-caverneuse de la carotide

Interne. En élargissant l'ouverture de la proéminence carotidienne vers le récessus opto-carotidien, on expose l'insertion et le trajet de l'artère ophtalmique.

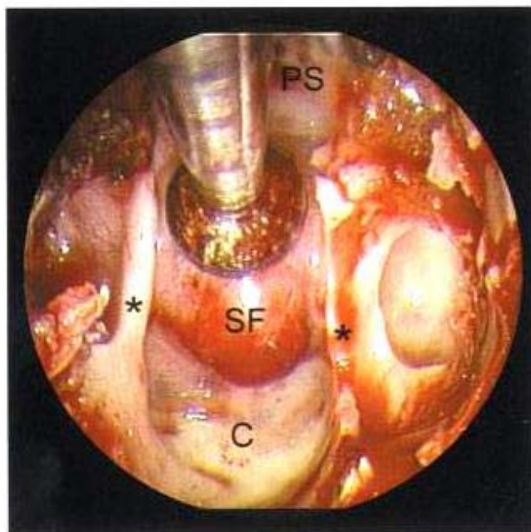
f- La fenestration du clivus :

Initialement, la partie la plus basse du plancher sellaire doit être ouverte jusqu'à accès au clivus. L'épaisseur du clivus est ensuite réduite. La fenestration est complétée par un punch de Kerrison, en procédant de façon crânio-caudale à partir du dorsum sellaire. L'ouverture de la dure-mère révèle la partie supérieure du tronc cérébral, l'artère basilaire avec ses branches terminales et la troisième paire crânienne.

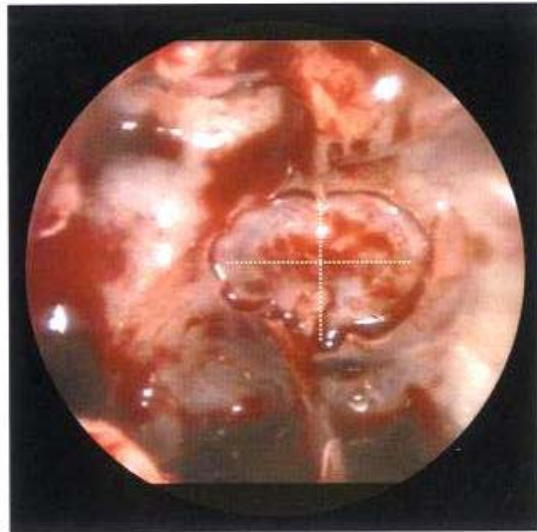
g-L'ablation de la lésion :

La lésion intra-sellaire est réséquée à l'aide de curettes de différents diamètres et angulations.

Bien que l'accès à ces structures à travers une seule narine puisse paraître étroit, il est possible d'utiliser deux instruments simultanément, d'habitude une curette et un tube d'aspiration . Des instruments spécifiques à double fonction pour le curetage et l'aspiration ont vu le jour et se sont avérés particulièrement utiles pour limiter les retraits et les réinsertions répétitifs des instruments, minimiser les traumatismes des tissus sains et en même temps, réduire la durée de la procédure. Ces instruments facilitent la mobilisation et l'aspiration des fragments d'adénomes voire même de macroadénomes quand une curette d'aspiration spéciale, connectée à un tube d'aspiration est utilisée. La procédure est réalisée à l'aide d'un endoscope à 0° mais aussi des endoscopes à 30° et /ou 45 qui sont particulièrement utiles pour l'exploration directe des régions supra et para-sellaires.



Phase sellaire. L'ouverture du plancher sellaire à l'aide d'un micro-drill



Phase sellaire. Incision de la dure-mère



Phase sellaire. Ablation d'un macroadénome par un curetage



L'irrigation de la cavité sellaire après l'ablation du macroadénome

SC : citerne suprasellaire

SF : Plancher sellaire

C : Clivus

h- L'exploration intra-sellaire :

Après l'ablation de la lésion, la cavité résiduelle est explorée à l'aide d'un endoscope à 30° et/ou à 45° pour une ultime inspection de la région supra et para-sellaire en particulier.

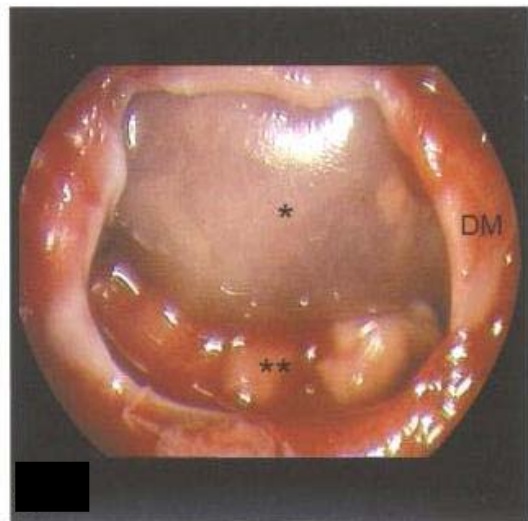
La citerne chiasmatique peut paraître intacte ou infiltrée. De plus, il est possible de détecter la moindre petite brèche en continuité avec la citerne chiasmatique, susceptible de provoquer une fuite du LCS.

i- La reconstruction sellaire :

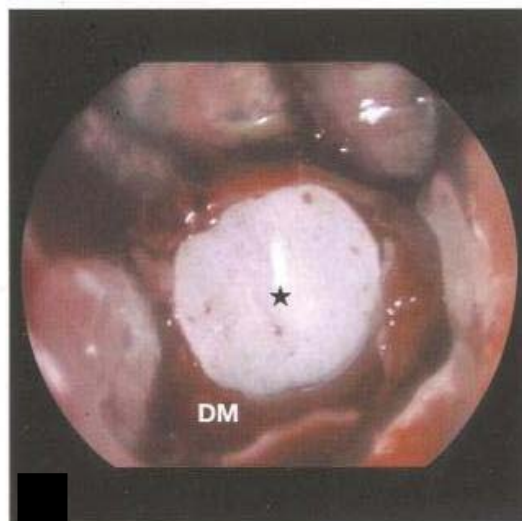
A la fin de la procédure endoscopique, si une fuite du LCS est évidente ou suspectée, un comblement intra et/ou extra-dural de la selle turcique est réalisé en utilisant de la graisse autologue entre autres, en suivant les principes communs à la chirurgie trans-sphénoïdale. Le but de ce comblement (*packing*) est de créer une barrière entre l'intérieur et l'extérieur de la fosse pituitaire, de réduire l'espace mort et de prévenir la descente de la citerne chiasmatique dans la cavité sellaire.

Lorsque la lésion est extirpée et que la cavité résiduelle est petite et la citerne intacte, il ne faut procéder à aucun type de reconstruction.

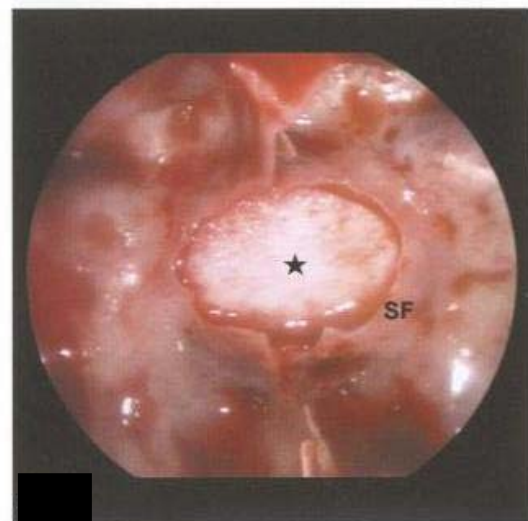
PAOLO CAPPABIANCA (34) a décrit une méthode simple pour la reconstruction sellaire, après la chirurgie endoscopique endonasale, transsphénoïdale, une méthode qui permet selon lui, une fermeture étanche du plancher sellaire. Il s'agit de mettre en place dans la selle turcique, après l'ablation de la lésion, un substitut dural qui est un patch N3, biocompatible, fabriqué par 100 % de polyéthylène (Polyester) imprégné par du diméthyl siloxane (silicone). Grâce à sa consistance, ce patch devient collant. Par la suite, du tissu du tissu graisseux autologue ou de la masse gélatineuse est mise en place, suivi d'un film de



Reconstruction sellaire. Placement d'un substitut dure-mérien pour protéger la cavité supra-sellaire



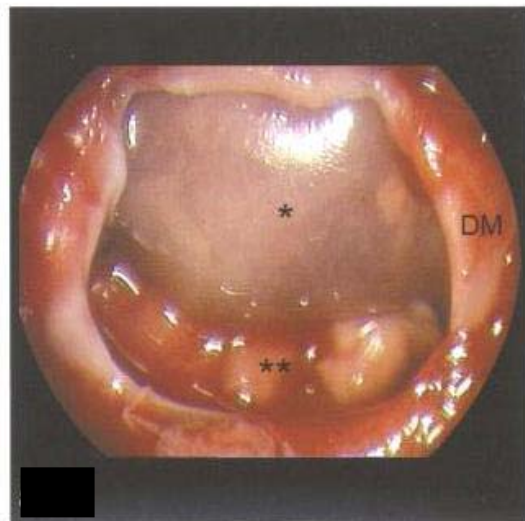
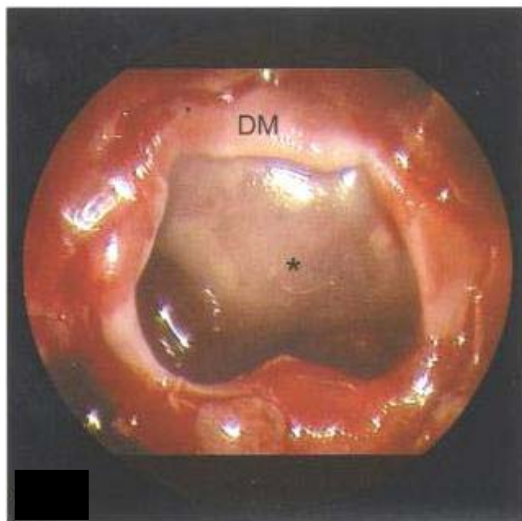
Fermeture sellaire. Fermeture intradurale



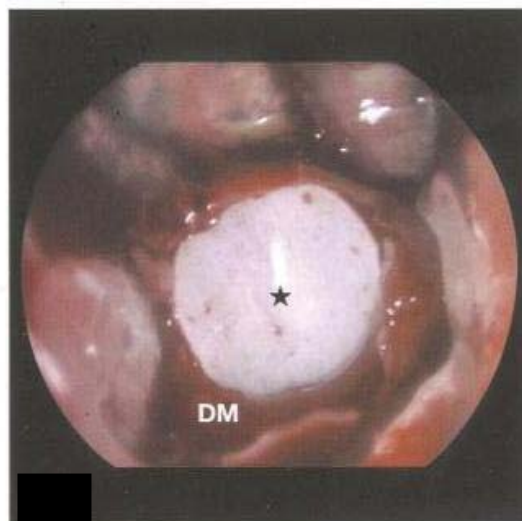
Fermeture extradurale

DM : dure-mère

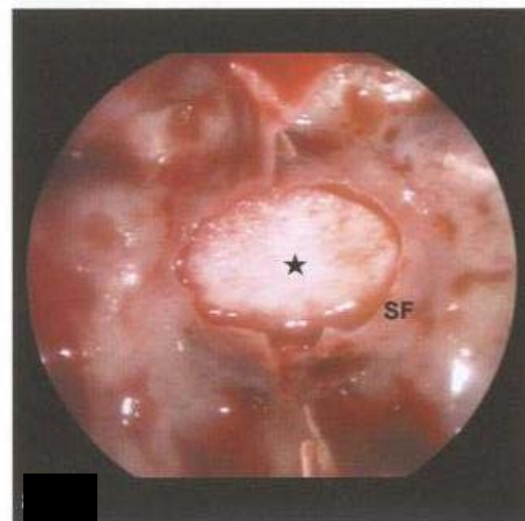
SF : plancher sellaire



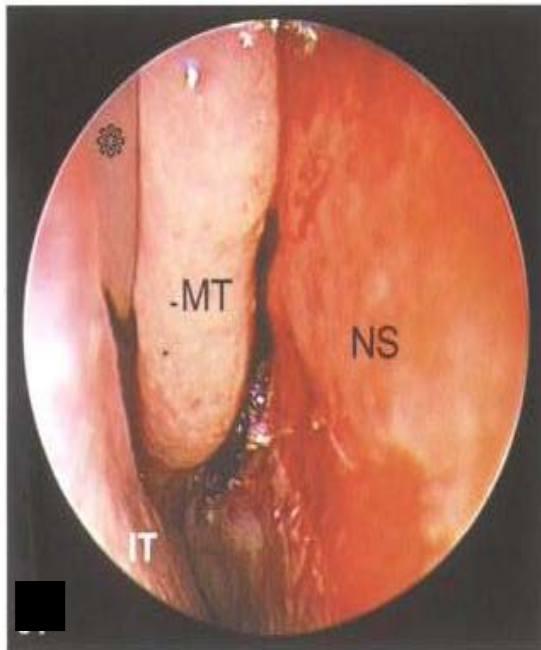
Reconstruction sellaire. Placement d'un substitut dure-mérien pour protéger la cavité supra-sellaire



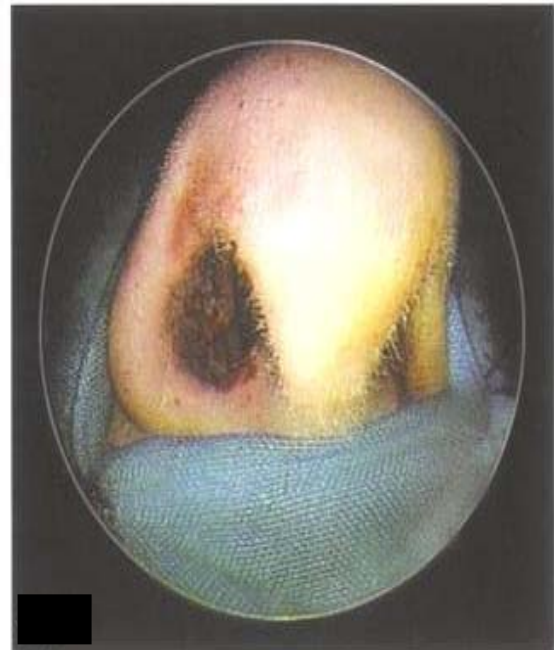
Fermeture sellaire. Fermeture intradurale



Fermeture extradurale



**Fin de la procédure. Médialisation
du cornet moyen**



**La procédure endoscopique évite les
remaniements des fosses nasales.**

MT : cornet moyen

NS : Septum nasal

IT : cornet inférieur

colle à base de fibrine qui vient compléter la fermeture. Ce patch est flexible et élastique et peut combler facilement de l'espace. Cette technique est facile et confortable et permet une fermeture hermétique sans restriction due à l'espace de travail qui est habituellement réduit. En particulier, lorsqu'une fuite de LCS est détectée durant l'opération, PAOLO CAPABIANCA (34) introduit une première couche de substitut en intra-dural avec la surface lisse en regard de l'arachnoïde et la surface poreuse à l'extérieur, pour entraîner une fibrose réactionnelle, ensuite, il met en place un fragment de graisse autologue ou de mousse gélatineuse au sein de la cavité sellaire et une dernière couche de substitut en extra-dural. Une fine couche de colle à base de fibrine, à la face externe de la paroi antérieure de la selle turcique dans le sinus sphénoïdal, vient compléter cette rapide et simple reconstruction. Cette technique a été utilisée chez 15 patients, un drainage du LCS s'est imposé chez l'un d'entre eux. L'évolution était favorable chez tous les patients sans survenue d'infection, de migration de patch ou de fuite post-opératoire de LCS.

7-4 Neuroradiologie et hypophyse (35)

a- La tomographie numérisée des sinus nasaux et para-nasaux :

La tomographie numérisée des sinus nasaux et para-nasaux est un examen préalable, nécessaire à la procédure endoscopique. La méthode utilise des coupes de 3mm pour créer une reconstruction dans les trois plans de l'espace, elle fournit des informations précises, guidant la voie d'abord. Elle peut mettre en évidence une hypertrophie des cornets, une déviation de la cloison nasale, un concha bullosa, un septum sphénoïdal médian ou de multiples septa sphénoïdaux. Ces variations anatomiques ainsi que les caractères de la lésion conditionnent le choix de la narine par laquelle se fera l'abord chirurgical. La reconstruction tridimensionnelle des images de la tomographie numérisée trace un chemin virtuel au chirurgien, au sein des cavités nasales, lui facilitant ainsi l'orientation.

b- L'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) de la région sellaire :

L'IRM de la région sellaire, en particulier en coupes sagittales et coronales, réalisées avant et après l'injection de produit de contraste, est un outil neuroradiologique indispensable,

fournissant des informations sur la morphologie, la taille de la lésion et ses rapports avec l'hypophyse et les structures de voisinage (la citerne supra-sellaire, les nerfs optiques, la paroi médiale du sinus caverneux avec l'artère carotide interne). Il est surtout important d'évaluer l'extension para-sellaire de la lésion et les protubérances naso-sphénoïdales car ceci conditionne le choix de la narine adéquate.

8- Diagnostic endoscopique et chirurgie des sinus paranasaux et de la base du crâne :(166)

La technique de l'exploration de la paroi latérale de la fosse nasale, qui a été développée par le professeur MESSERKLINGER à la fin des années 60 / début des années 70, a confirmé, de façon impressionnante, les expériences cliniques qui avaient montré que la plupart des pathologies des larges sinus paranasaux, comme les sinus frontaux et maxillaires, étaient d'origine rhinogénique. Il a pu démontrer que la plupart des infections s'étendaient des fosses nasales aux sinus. Même si les symptômes sinusiens (frontaux ou maxillaires) sont cliniquement au premier plan, l'anomalie, elle, existe plutôt au niveau de la paroi nasale latérale. Ces régions de l'unité ostioméatale, qui sont extrêmement étroites, jouent un rôle capital dans la physiopathologie des sinus, elles représentent des «pré-chambres » menant aux sinus frontaux et maxillaires et assurant leur ventilation et leur drainage.

L'examen endoscopique à visée diagnostique en conjonction à l'imagerie moderne, en particulier la tomographie numérisée ont prouvé leur supériorité et leur efficacité ces dernières années et ont été validés comme étant un soin systématique et standard dans plusieurs régions du monde, en matière de pathologie sinusienne.

Ainsi, comme conséquence logique des découvertes diagnostiques, un concept de chirurgie endoscopique a vu le jour, il vise les régions pathologiques dans des sites-clés de la paroi nasale latérale. Il a été fascinant de constater, qu'après des interventions relativement localisées dans ces sites-clés, des anomalies même massives de la muqueuse sinusienne adjacente ont régressé sans même être touchées. Ainsi, en utilisant des interventions moins

traumatiques, qui préservent la muqueuse sinusienne, il a été possible de traiter la majorité des cas de sinusite chronique sans avoir recours à des méthodes chirurgicales radicales. La technique de MESSERKLINGER a démontré un très faible taux de complications et de morbidité.

Depuis l'introduction de la technique endoscopique, le spectre des indications s'est considérablement élargi. Ainsi, il est possible aujourd'hui de traiter par cette méthode, les sinusites chroniques, les polyposes naso-sinusiennes, les complications des sinusites aiguës, les mucocèles de tous les sinus, même avec une extension intra-crânienne importante et les lésions de l'étage antérieur de la base du crâne incluant les fistules du LCS (10). De plus, des études anatomiques (10) ont montré que tout le clivus et la jonction crânio-cervicale jusqu'à C2 pouvaient être abordés par le nez, avec des avantages comparables, voire supérieurs à l'abord trans-oral (8).

Une lumière endoscopique bleue est utilisée pour localiser la fistule de LCS et guider sa fermeture. Pour ce faire, on administre de la fluorescéine sodique à 5% en intra-lombaire, avant l'opération/ examen. Après l'injection, le patient est maintenu tête basse pour permettre à la fluorescéine de se distribuer dans le LCS. Selon la taille du défaut ou l'intensité de la liquorrhée, un LCS jaune-verdâtre néon s'écoule du nez. Avec l'endoscope, d'importantes informations concernant la localisation du défaut peuvent être recueillies. L'application de la lumière bleue à des longueurs d'onde précises, en adjonction à un filtre, active une fluorescence. Sous ces conditions, même les traces les plus minimes de LCS apparaissent d'un jaune-verdâtre flamboyant.

D'autres indications à l'endoscopie sont les méningoencéphalocèles notamment du sinus sphénoïdal, la décompression de l'orbite ou du nerf optique, les dacryocystorhinostomies, l'atrésie des choânes et l'ablation des corps étrangers. Sous réserve de certaines conditions, certaines tumeurs bénignes comme les papillomes inversés, certaines mycoses et certaines tumeurs malignes localisées se prêtent à une résection endoscopique endonasale. Avec le développement de nouveaux instruments, des cas spéciaux d'angiofibrome naso-pharyngé juvénile peuvent aussi être traités endoscopiquement.

A noter que les tumeurs malignes infiltrantes représentent une contre indication formelle au traitement endoscopique pur, car elles imposent d'appliquer les principes de la chirurgie carcinologique radicale. Seuls certains cas particuliers, par exemple de rhabdomyosarcome localisé ou de tumeurs malignes diagnostiquées précocement peuvent se prêter à la procédure endoscopique. Les mycoses étendues constituent elles aussi une contre indication à la procédure endoscopique.

– Technique de l'endoscopie nasale diagnostique (166):

L'examen est réalisé chez un patient en décubitus dorsal, après une anesthésie locale combinée à une vasoconstriction modérée. Chez les enfants, une anesthésie générale peut s'imposer. Les endoscopes appropriés à cette procédure sont :

- un endoscope à 30°, 4 mm de diamètre.
- un endoscope à 30°, 2,7 mm de diamètre.
- un endoscope à 70°, 2,7 mm de diamètre. (Fig.)

L'examen endoscopique systématique des fosses nasales passe par 3 étapes :

– une vue générale pour l'orientation, puis le passage le long du plancher du nez vers les choânes. Il s'en suit l'examen du récessus de Rosenmuller et du rhinopharynx. Quand on retire l'endoscope, l'orifice du canal nasolacrymal peut être identifié au niveau du méat nasal inférieur.

– Pour la 2^{ème} étape de l'examen, l'endoscope à 30° est guidé au-delà du cornet moyen à la partie supérieure de la saillie de la choâne et de là, vers le haut, dans le récessus sphéno-ethmoidal. Le cornet supérieur avec son méat correspondant est visible. L'ostium du sinus sphénoïdal peut être ici visible dans certains cas, selon la pathologie dont il est le siège.

– A la 3^{ème} étape de l'examen, l'endoscope à 30° est guidé au niveau du méat nasal moyen. Le cornet moyen est écarté délicatement, à la partie médiale, à l'aide d'un élévateur, sans le fracturer. Selon les proportions anatomiques et la pathologie prédominante, on peut observer le processus uncinatus, le hiatus semi-lunaire, les cellules ethmoidales. L'ostium du sinus maxillaire est normalement « caché » dans l'infundibulum ethmoidal et n'est pas visible même sous endoscope. Quand on tire l'endoscope vers l'arrière, on peut inspecter la fissure olfactive.

9– Autres indications

9-1 La syringomyélie

Le traitement chirurgical des syringomyélies multi-compartmentées reste décevant car il ne garantit pas la communication entre les différentes cavitations permettant leur dérivation. Dans ce but, HELLWIG (90) rapporte un cas de dérivation syringo-sous-arachnoïdienne avec succès à l'aide d'un endoscope.

HUEWEL (103), a utilisé un microendoscope dans 11 cas (7 idiopathiques sans lésion de la fosse postérieure, 3 post-traumatiques par compression chronique et une secondaire à un astrocytome intra-médullaire). Il utilise une laminectomie d'un niveau ou d'un niveau et demi, en abordant la syringomyélie par son niveau inférieur puis une commissurotomie postérieure de 2,5 mm de long. Sous contrôle vidéo, l'endoscope est introduit dans le syrinx, les septa sont perforés aux endroits les moins vascularisés. Les saignements peuvent être contrôlés par irrigation ou au laser. Après avoir contrôlé toutes les septations, un drain en silicone relie le syrinx à l'espace sous-arachnoïdien. Sur les 11 cas, il y a eu 9 améliorations. La perforation de toutes les septations permet la communication de toutes les chambres. La procédure est sûre et atraumatique. L'IRM de contrôle a montré le collapsus du syrinx dans tous les cas.

9-2 La résection des malformations artério-veineuses et la cure d'anévrismes

La microchirurgie assistée par endoscopie permet une meilleure visualisation des structures profondes, notamment les ventricules et les espaces sous-arachnoïdiens, ainsi que le clivage des malformations artério-veineuses du tissu cérébral adjacent. L'endoscopie minimise la rétraction du tissu cérébral. Lorsque la malformation artério-veineuse est large, l'endoscopie réduit le nombre et l'extension des voies d'abord. Ainsi, une large malformation artério-veineuse localisée sous le cortex sensitivo-moteur peut être abordée par l'aire pré-motrice seule plutôt que par deux voies d'abord (pré-motrice et pariétale postérieure) ; les malformations artério-veineuses intra-ventriculaires peuvent être excisées du côté du ventricule uniquement, plutôt qu'en combinant deux voies d'abord : ventriculaire et corticale. Les malformations artério-veineuses spiralées, adhérentes à l'arachnoïde, souvent retrouvées après une hémorragie

sous-arachnoïdienne peuvent être réséquées sans rupture des boucles veineuses ni shunt artériolaire ou communication veinulaire (204). En général, les procédures neurochirurgicales sont réalisées à une ouverture cylindrique ou conique du cerveau, alors que la microchirurgie assistée par endoscope réduit nettement la taille de l'ouverture.

La microchirurgie assistée par endoscope permet au chirurgien d'éviter le remaniement du tissu cérébral, de préserver la microcirculation des aires cérébrales, de maintenir les veines de drainage et de préserver le tissu cortical adjacent à la malformation artério-veineuse et toutes les veines corticales qui sont passivement dilatées à cause du passage du sang artériel. La visualisation d'artérioles de 50 à 250 μ par l'endoscopie permet d'interrompre ces vaisseaux du reste de la malformation artério-veineuse dans les aires fonctionnelles.

L'IRM, la tomographie numérisée, l'encéphalographie magnétique et le doppler couleur per-opératoire et ultrasonographie, contribuent tous au succès de l'exérèse de la malformation dans les zones fonctionnelles.

L'endoscopie peut être utilisée également dans la chirurgie anévrysmale pour la vérification du bon placement du clip, spécialement dans les anévrysmes de la terminaison du tronc basilaire.

L'endoscopie peut aussi être utilisée dans La cure des tumeurs du 4^{ème} ventricule et de la région pinéale.

VII. Chirurgie endoscopique du rachis

1- Généralités

Le principe général de la chirurgie endoscopique thoracique est de pratiquer un geste rachidien à travers des trocars placés sur la paroi thoracique, en utilisant un endoscope couplé à une caméra. L'objectif est de minimiser les traumatismes chirurgicaux de la paroi thoracique dus à la voie d'abord. Ceci paraît séduisant à condition de pouvoir, en toute sécurité réaliser le geste chirurgical prévu de façon aussi efficace qu'à ciel ouvert (15).

Une instabilité traumatique ou dégénérative du rachis est toujours provoquée par la colonne antérieure qui doit absorber la pression exercée sur la colonne vertébrale. Une stabilisation opératoire suffisante ne peut donc s'obtenir que par la spondylodèse de cette colonne antérieure, ce qui n'est, pour des raisons anatomiques, que partiellement possible par approche dorsale. Les fractures stabilisées par approche dorsales révèlent à long terme des pertes de correction de 10 à 14° (151).

L'abord ventral du rachis dorsal pratiqué par thoracotomie ou lombotomie représente une intervention d'une grande gravité, avec des douleurs fréquentes, un relâchement de la paroi abdominale ou des névralgies segmentaires dorsales. Les fractures les plus fréquentes du rachis dorsal siégeant dans environ 70 % des cas à la transition dorso-lombaire, cette gravité est encore augmentée par la nécessité de décoller le diaphragme (151).

Les possibilités de mettre à profit les avantages biomécaniques de l'accès ventral et de contourner les inconvénients liés au haut degré de gravité de l'intervention par des techniques mini-invasives ont été reprises depuis 1994 par différents auteurs. En même temps, l'abord mini-invasif de la colonne vertébrale lombaire en présence de dégénérescences discales évoluait. En premier lieu comme accès transpéritonéal laparoscopique aux vertèbres L5/S1 en position caudale par rapport à la bifurcation de l'aorte et de la veine cave, puis comme technique opératoire rétropéritonéale microchirurgicale pour accéder aux disques L2 à L5.

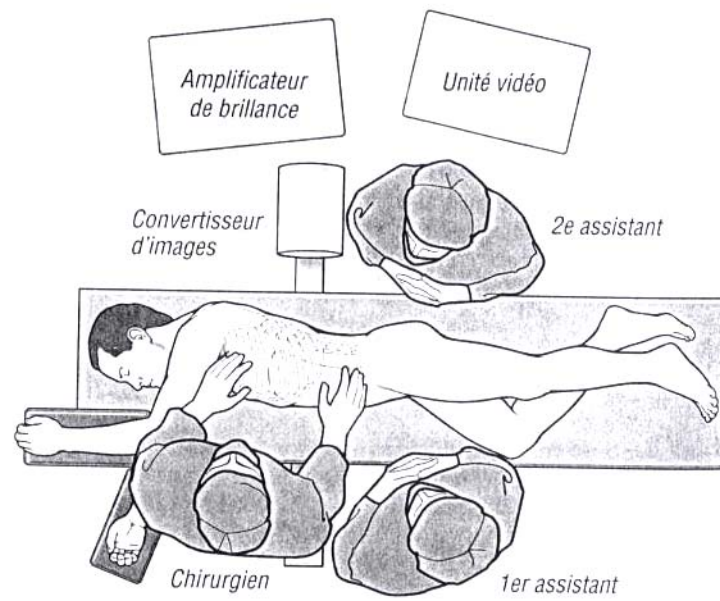
2- L'abord thoracoscopique du rachis dorsal (D4 à L1, avec entaille du diaphragme) (151).

2-1 Préparation

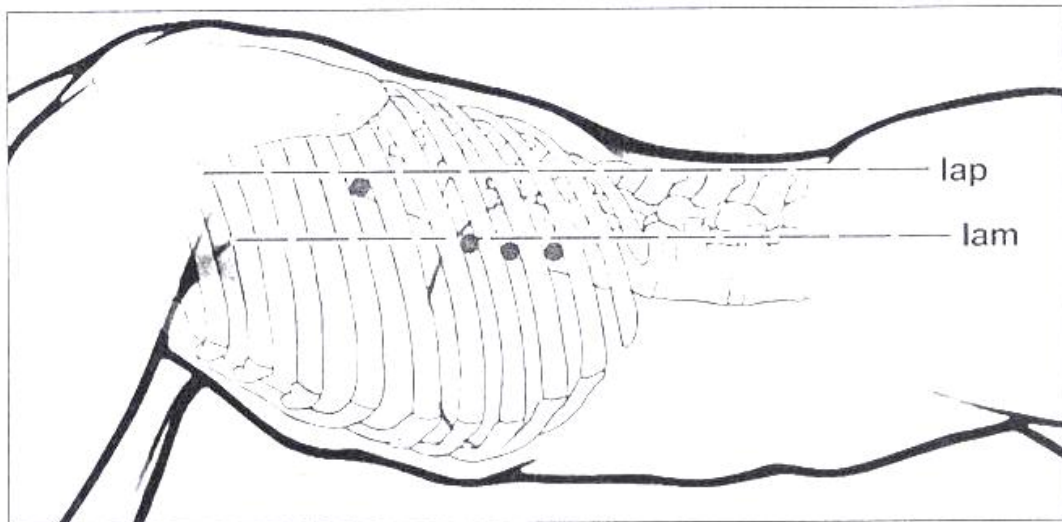
La veille de l'opération, des mesures laxatives suffisantes sont prises pour que, pendant l'opération, l'on ne rencontre qu'une faible résistance en poussant le diaphragme dans le sens abdominal.

2-2 Position du patient

Le patient est couché strictement en décubitus latéral droit. L'angle de la table dans la zone de transition entre thorax et abdomen élargit les espaces inter-costaux. Le bras gauche est posé sur un support, devant la tête. On dessine la vertèbre à traiter par contention, en cas de fracture, le plus souvent la D12, sous radioscopie avec les vertèbres voisines intactes. Les champs stériles recouvrent une zone permettant de pratiquer la thoracotomie ouverte, la crête iliaque comprise.



Position du patient : abord thoracoscopique du rachis dorsal



Abord thoracoscopique

Positions des trocars : **lam** = ligne axillaire médiane. **lap** = ligne axillaire postérieure

2-3 Disposition autour de la table opératoire

Le chirurgien et le premier assistant se trouvent sur le côté droit de la table d'opération, en face du patient, l'instrumentiste est derrière eux. Sur le côté gauche de la table, derrière le dos du patient, le deuxième assistant fait face au premier. L'amplificateur de brillance et la tour endoscopique sont également installés sur le côté gauche.

2-4 Thoracoscopie

Le patient est intubé avec un tube à deux canaux. La bronche souche gauche est bloquée ; le poumon gauche n'est donc pas ventilé. On pratique une incision intercostale de 1cm de longueur sur la ligne axillaire postérieure, à hauteur de la pointe scapulaire. On perce et écarte avec les ciseaux la musculature intercostale jusque dans l'espace intra-thoracique. On visse dans cette ouverture un trocart d'acier de 11mm avec un mandrin mousse. Après introduction de l'optique de 30°, on découvre dans la direction caudale, au-delà du poumon affaissé, la coupole diaphragmatique. On introduit par l'espace intercostal sous contrôle optique une canule, à deux travers de doigts dans le sens ventral de la vertèbre fracturée dessinée (le plus souvent D12/ L1) pour garantir la position intra-thoracique correcte du trocart suivant. On ouvre à cet endroit un accès par trocart à 11mm de diamètre. Pour que la visibilité ne soit pas gênée pour la radioscopie intra-opératoire, on utilise un trocart à chemise plastique. On place dans l'espace intercostal sus-jacent un autre trocart plastique de 11mm, à la même distance de la colonne vertébrale. Puis, dans l'espace intercostal sous-jacent, un peu plus loin dans le sens ventral de la colonne vertébrale, le quatrième accès par trocart de 11mm. Il se trouve au point le plus profond du récessus phréno-costal. On repousse, pendant que l'on fait pénétrer ce trocart, la coupole diaphragmatique dans la direction caudale avec un porte-tampon de préparation pour élargir l'interstice costo-diaphragmatique.

On change l'équipement des trocars pour la contention de la fracture. On introduit l'aspirateur par l'ouverture sous-scapulaire, les deux trocars faisant face à la fracture servant à faire passer l'optique et les instruments nécessaires pour préparer le rachis. On fait passer par l'ouverture la plus caudale un éventail dans le sens caudal pour repousser la coupole

diaphragmatique. Ce geste exige un relâchement optimal. La caméra visualise la colonne vertébrale reposant à l'horizontale. On découvre le plus souvent dans l'angle diaphragmatique l'hématome sous-pleural provoqué par la fracture, et l'on voit dans le sens ventral de la colonne vertébrale battre l'aorte. On localise sous radioscopie la position de la vertèbre à traiter et l'on fait une incision longitudinale dans la plèvre pariétale. Cette incision part de la vertèbre sus-jacente à la fracture et s'étend jusqu'à la vertèbre sous-jacente, et l'on doit faire une entaille dans la racine du diaphragme une fois on atteint la L1. Les saignements provenant des fibres musculaires sont stoppés par électrocoagulation. Les bords de l'incision de la plèvre sont repoussés par technique mousse avec le porte-tampon de préparation. On voit des segments du nerf sympathique traverser transversalement l'image, parallèlement à la colonne vertébrale, le nerf splanchnique déjà isolé à hauteur de la transition dorso-lombaire et la veine hémiazygos. Les vaisseaux segmentaires thoraciques apparaissent à la verticale et traversent chaque vertèbre. On prépare ces vaisseaux segmentaires, on les fixe par des clips et on les sectionne de façon à pouvoir les repousser de la colonne vertébrale dans le sens ventral et dorsal. On a alors entièrement dégagé la visibilité latérale gauche sur la colonne vertébrale par contention.

La thoracoscopie présente beaucoup d'avantages par rapport à la thoracotomie :

- Des pertes sanguines moindres.
 - Une moindre durée de drainage thoracique.
 - Une moindre consommation d'antalgiques.
 - Une hospitalisation plus courte et une reprise précoce des activités professionnelles.
 - De bons résultats esthétiques.
 - La vidéo-endoscopie possède les avantages du microscope, avec une meilleure illumination du foyer opératoire tout en étant maniable.
 - La thoracoscopie regroupe les avantages de l'abord antérieur direct de la thoracotomie ainsi que les avantages du caractère minimal invasif de l'endoscopie. Il en résulte une réduction de la morbidité péri-opératoire liée à la voie d'abord.
 - L'incision est nettement moins grande, avec moins de rétraction musculaire et de traumatismes de la paroi thoracique (15).
-

Néanmoins, la thoracoscopie présente quelques inconvénients, à savoir une longue période d'apprentissage et de préparation manuelle et mentale, la perte de la vision de relief et de la sensation du toucher. De plus, l'apport de la thoracoscopie demeure limité dans le traitement des déformations cyphotiques importantes, à ce sujet, R. ASSAKER (15), pense que pour corriger une cyphose significative par un abord antérieur et procéder à une stabilisation, la thoracotomie reste actuellement le meilleur choix thérapeutique. Enfin, il ne faut pas négliger le prix de l'équipement vidéo-endoscopique et des instrumentations spécifiques, qui est un facteur limitant pour la pratique d'une telle chirurgie (15).

2-5 Indications

a-Hernie discale dorsale :

La hernie discale dorsale en situation médiane constitue l'indication idéale pour un abord thoracoscopique. Elle est réséquée par voie postéro-latérale par arthropédiclectomie, parfois associée à une costotransversectomie.

La discectomie par voie thoracoscopique comme traitement des hernies discales thoraciques a été rapportée au début des années 90 (173). Depuis, un nombre limité de séries cliniques a été rapporté sur les expériences de chirurgie discale par voie thoracoscopique, qui s'est élargie pour inclure la reconstruction vertébrale thoracique. Ces techniques ressemblent largement à la thoracotomie, par le trajet emprunté au sein de la cavité thoracique et la décompression du canal rachidien, mais la thoracoscopie a le mérite de réduire les rétractions, d'accéder à plusieurs niveaux médullaires et de réduire la douleur post-opératoire ainsi que la durée d'hospitalisation (172).

b-Métastases rachidiennes :

L'abord thoracoscopique permet de diminuer la morbidité chez les patients âgés et affaiblis par la maladie cancéreuse, cependant, il reste peu utilisé, et ce, pour plusieurs raisons :

– Sur le plan carcinologique, il existe un risque théorique de dissémination au niveau de la cavité thoracique, de la plèvre et des sites de trocart.

-La réputation de certaines métastases, plus ou moins hémorragiques, ne constitue pas l'indication idéale pour une chirurgie endoscopique.

-Les métastases rachidiennes se présentent souvent avec des signes neurologiques et sont généralement prises en charge de façon urgente, ne laissant pas le temps de préparer l'intervention en condition endoscopique; or, toutes les interventions thoracoscopiques sont des interventions programmées.

-Dans les métastases du rachis, l'indication chirurgicale est souvent justifiée par la menace neurologique, avec souvent, des vertèbres effondrées et un recul du mur postérieur et /ou une épidurite métastatique : ces conditions anatomiques contre indiquent les abords en condition endoscopique (15).

c- Tumeurs para-vertébrales :

ASSAKER.R (15) a traité trois patients présentant des tumeurs para-vertébrales par voie thoracoscopique, la résection a été complète pour les deux premières tumeurs et délibérément partielle pour la troisième, sans aucune complication post-opératoire.

d-Reconstitution et stabilisation vertébrale :

La reconstitution et la stabilisation vertébrale pour des lésions antérieures, comme une tumeur corporeale, un cal vicieux ou une fracture avec perte significative de la hauteur du mur antérieur, se fera de façon plus efficace par voie ventrale. La meilleure alternative à la thoracotomie est alors la thoracoscopie, car celle-ci permet d'éviter les névralgies segmentaires dorsales et le relâchement de la paroi abdominale occasionnés par la thoracotomie (151).

e- Ostéomes ostéoides :

Ils sont rarement localisés dans le rachis thoracique, et encore moins dans les corps vertébraux. A ce niveau, l'accès percutané à ces lésions est extrêmement difficile. La seule alternative thérapeutique est chirurgicale. Le nidus est alors réséqué par un abord thoracoscopique. La principale difficulté étant de situer, à partir des données de l'imagerie, l'ostéome dans l'espace opératoire, le repérage est donc primordial.

La thoracoscopie est contre indiquée en cas d'antécédents de chirurgie thoracique. En effet, la fibrose pleurale rend l'abord laborieux et dangereux. Il serait également prudent d'éviter, du moins en début d'expérience, les abords thoracoscopiques dans les lésions réputées ou suspectées comme étant hémorragiques (15).

f- Hyperhydrose palmo-plantaire :

L'hyperhydrose palmo-plantaire, associée ou non à une hyperhydrose axillaire se traduit par une sudation excessive indépendante des phénomènes de thermo-régulation. Elle est due à la stimulation des glandes eccrines par les fibres sympathiques cholinergiques post-ganglionnaires, mais aussi aux glandes dites apocrines.

Il existe plusieurs méthodes de traitement de l'hyperhydrose (les anticholinergiques, les inhibiteurs calciques, l'ionophorèse, la toxine botulinique...), dont une option chirurgicale très efficace et nettement moins chère : la sympathectomie thoracique endoscopique (STE), pourvoyeuse d'un taux de succès de 85 à 100% (169). Les premières publications sur la sympathectomie thoracique sous endoscope appartiennent à Kux E (20) dont l'expérience relate plus de 1400 cas dans un manuel paru en 1954.

L'objectif de la chirurgie sympathique est de supprimer l'innervation sympathique des glandes sudoripares des membres supérieurs, en procédant à l'exérèse des 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} ganglions sympathiques thoraciques (T2, T3, T4) ainsi que la pointe inférieure du ganglion stellaire. L'abord endoscopique permet de réduire au minimum le préjudice esthétique, en effet, les patients gardent comme séquelles une cicatrice de 5mm dans l'aisselle et deux cicatrices punctiformes de 3mm de diamètre. De plus, la mortalité est nulle, la durée d'intervention n'excède pas 30 minutes, le taux du syndrome de Claude Bernard-Horner est très faible et le coût de la STE n'est pas élevé par rapport à d'autres techniques notamment l'ionophorèse.

A noter que grâce à sa simplicité et à son efficacité, l'application de la STE s'est étendue à d'autres indications, en particulier l'angine de poitrine. En effet, WETTERVIK (110) rapporte l'effet anti-angineux de la STE, qui soulage cette douleur et permet une activité physique quotidienne plus importante aux patients. Néanmoins, la STE n'est pas dépourvue de complications, il peut

s'agir d'un pneumothorax, d'épanchements pleuraux nécessitant une kinésithérapie respiratoire. BYRNE.J (29) retrouve un seul cas de pneumothorax, un cas d'infection pulmonaire et 3 cas d'emphysème chirurgical sur 85 patients opérés pour STE. GORAN (80), sur 400 patients opérés pour STE, retrouve 2 cas de pneumothorax. La STE peut avoir des influences sur l'activité cardiaque autonome et sur la fonction pulmonaire. Ainsi, dans une étude électrophysiologique de la fonction cardiaque, avant et après STE, menée par TAKEO TEDORIYA (197) sur 13 patients indemnes de toute cardiopathie et ayant subi une STE pour hyperhydrose palmo-plantaire, il a été retrouvé un allongement de l'intervalle R-R et une activité essentiellement vagale sans que ceci engendre un dysfonctionnement cardiaque à court ou à long terme. Quant à la fonction pulmonaire, la STE semble diminuer le volume pulmonaire et le flux expiratoire maximal sans que ceci ait un impact sur une bronchopneumopathie pré-existante. Enfin, l'une des principales complications de la STE est l'hypersudation compensatrice (29, 63, 81, 95, 128). A ce sujet, la sympathectomie sélective qui a été décrite il y a plusieurs années déjà par WITTMER, ne sectionne que les rameaux communicants et permet de réduire donc le taux et l'importance de l'hypersudation compensatrice.

3- La discectomie lombaire endoscopique

3-1 Généralités

Dans la littérature, la hernie discale foraminale constitue 4 à 7% de toutes les hernies discales. Différents abords ont été proposés : abord intra-canalair avec résection plus ou moins complète du massif articulaire (60, 75, 133, 170), abord extra-foraminal trans-musculaire ou plus postérieur ou parfois combinaison des deux (60, 61, 62, 134, 146, 170). Mais quel que soit l'abord, la chirurgie de la hernie foraminale reste difficile du fait de la profondeur du champ opératoire, même avec l'aide du microscope opératoire. L'utilisation d'un endoscope et d'un abord postérieur permet de résoudre ce problème en projetant l'œil du chirurgien à l'intérieur du corps, à proximité du conflit ; il en résulte un très bon éclairage et un champ de vision particulièrement large (51, 52, 185). J. DESTANDAU, en 1993 (51), et FOLEY et SMITH, en 1996

(70), ont mis au point des systèmes permettant un abord direct du canal rachidien ou du foramen sous contrôle endoscopique.

3-2 Indications

L'indication chirurgicale se pose devant une radiculalgie bien expliquée par la hernie discale qui résiste au traitement médical ou s'accompagne de signes neurologiques déficitaires. La technique endoscopique convient à tous les types de hernie discale, y compris aux récidives (49). Si ses avantages peuvent être discutés pour une hernie simple chez un patient maigre, ils deviennent manifestes dans toutes les situations profondes telles que les hernies foraminales ou extra-foraminales ou chez des patients obèses, situations dans lesquelles, l'incision cutanée reste de la même taille. Cette technique endoscopique peut également être utilisée dans les canaux lombaires étroits lorsque la sténose prédomine à un seul niveau.

3-3 Technique (49)

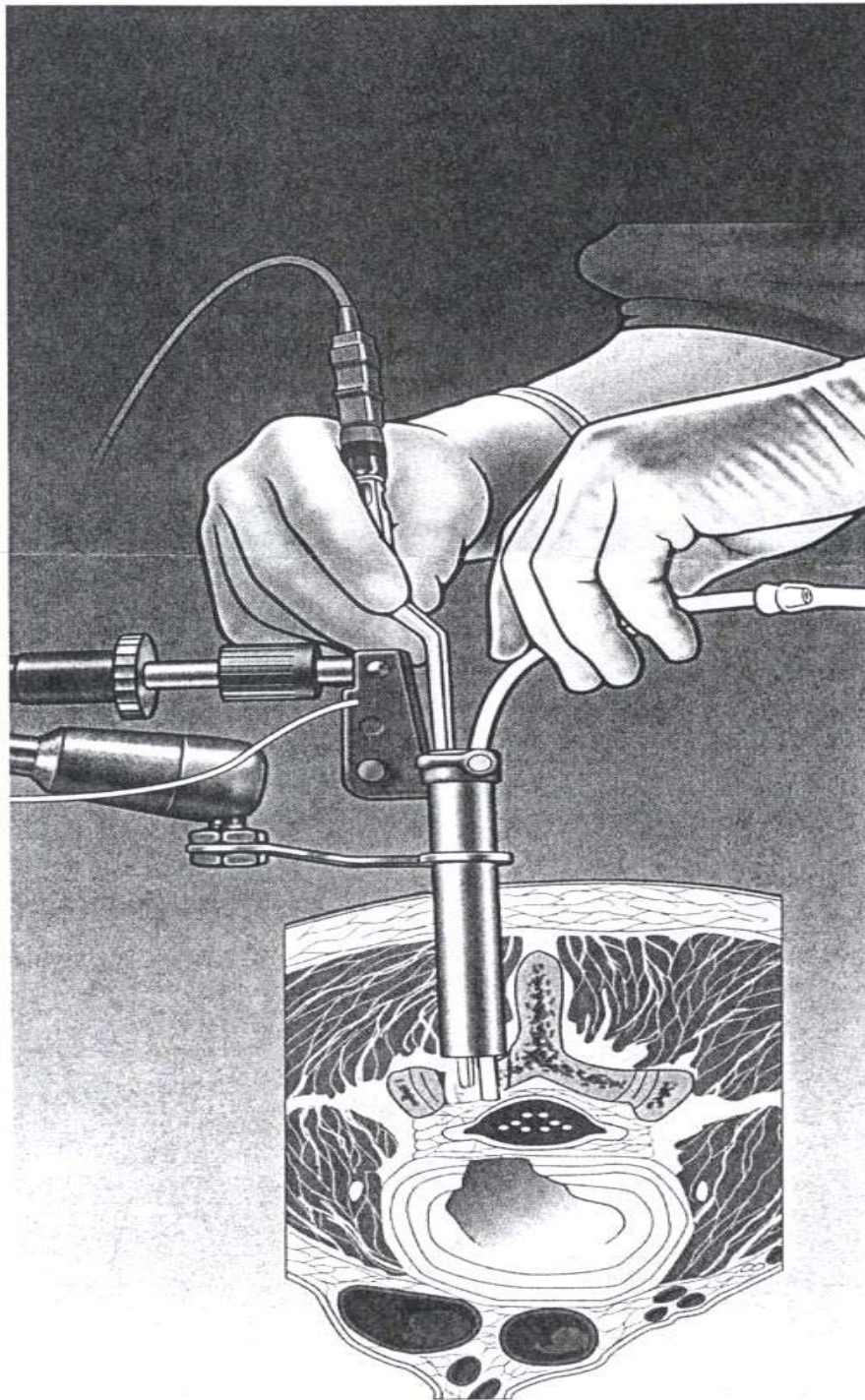
– Les instruments :

Un arthroscope de 4mm de diamètre, 0°, est utilisé avec un support spécial : l'Endospine TM (Karl Storz GmbH & Co, Tuttlingen, Germany). Il est composé d'un petit spéculum muni d'un introducteur qui pénètre par une courte incision au contact des lames. L'introducteur est ensuite remplacé par une pièce interne comportant trois tubes : un pour l'endoscope (4 mm de diamètre), un second pour la canule d'aspiration (4mm de diamètre) et le plus gros pour les instruments chirurgicaux (9 mm de diamètre). Les deux premiers sont parallèles alors que le troisième fait avec eux un angle de 12°, la convergence se faisant habituellement sur le plan du ligament vertébral commun postérieur. Cette angulation permet de voir en permanence l'extrémité des instruments et aussi d'utiliser l'aspiration comme un second instrument. Le système comprend également un écarteur à racine qui peut être poussé à l'intérieur du canal pour récliner la racine nerveuse, mais il n'a pas d'utilité dans la hernie foraminale.

– La technique chirurgicale habituelle :

L'intervention peut être réalisée sous anesthésie générale ou sous rachianesthésie, en position gèneu-pectorale.

- i. Repérage du point d'entrée : à l'aide d'un instrument spécial à deux bras (Karl Storz GmbH & Co, Tuttlingen, Germany), le point d'entrée et la direction de l'abord sont déterminés à l'amplificateur de brillance (Fig.).
- ii. Incision cutanée et abord : une incision de 15à 20mm est faite le long de l'apophyse épineuse au niveau préalablement repéré. L'aponévrose est sectionnée et les muscles sont détachés de manière à exposer la lame de la vertèbre sous-jacente et plus latéralement le bord externe de l'isthme.
- iii. Mise en place du spéculum : le spéculum est introduit et tous les tissus musculaires et graisseux apparaissant dans le



Discectomie lombaire endoscopique

- iv. Mise en place de la pièce interne : la pièce interne est fixé au spéculum dans sa position la plus haute. L'aspiration et l'endoscope sont introduits dans leurs canaux respectifs. Les étapes suivantes sont vidéo-assistées et contrôlées sur un écran de télévision.
- v. Résection osseuse : une partie de l'isthme et de l'apophyse articulaire inférieure est réséquée jusqu'au détachement du ligament sous-jacent à sa partie supérieure. L'existence de ce ligament facilite la résection osseuse car il constitue une protection de la racine nerveuse et des vaisseaux foraminaux ; cette résection est donc peu hémorragique, et d'autant plus facile que les remaniements arthrosiques sont peu importants. A l'aide d'un crochet mousse, on repère la position du pédicule et on vérifie que la résection osseuse est suffisante.
- vi. Résection du ligament : le ligament est réséqué à la pince de Kerrison, et l'on expose ainsi la racine traversant toute la région foraminale.
- vii. Dissection de la racine et de la hernie : le bord inférieur de la racine est disséqué et on expose la hernie en repoussant la graisse et les vaisseaux épiduraux. En cas de saignement, l'hémostase est le plus souvent obtenue par compression douce, parfois avec la coagulation bipolaire. Le sommet de la hernie est effondré et la hernie retirée. Habituellement, le disque est situé plus bas et aucune nucléotomie n'est réalisée. Dans le cas contraire, il est nécessaire de réséquer un peu plus de massif articulaire vers le bas.
- viii. Fermeture : l'instrumentation est retirée en un bloc en vérifiant l'hémostase des muscles. L'aponévrose est suturée puis la peau refermée par des points intradermiques résorbables. Un pansement imperméable est posé.

– Cas particulier de la technique chirurgicale en L5–S1 :

A l'étage L5–S1, les conditions anatomiques sont différentes. D'une part, la distance transversale entre le bord latéral des deux isthmes augmente au fur et à mesure que l'on descend le long du rachis lombaire ; au niveau L5–S1, cette distance est maximum ainsi que la longueur du canal foraminal. D'autre part, la présence de l'aileron sacré, de la crête iliaque et

des ligaments rend l'accès au bord latéral de l'isthme très difficile, souvent impossible. Dans ces derniers cas, la technique précédemment décrite ne peut donc être utilisée et il faut se résoudre à réséquer le massif articulaire L5-S1 de dedans en dehors pour exposer la racine L5 dans le foramen.

3-4 Résultats :

Nous rapportons l'expérience du service de Neurochirurgie du CHU Mohamed VI de Marrakech, dans le traitement endoscopique des hernies discales lombaires. Ce service est doté de la technique endoscopique depuis Juin 2007 et on y réalise des interventions par voie endoscopique dans le cadre du nouveau concept de la chirurgie mini-invasive.

Dix cas (deux femmes et huit hommes) de hernie lombaire ont été opérés sur une période de six mois au service de Neurochirurgie, au CHU Mohamed VI de Marrakech. La moyenne d'âge des patients était de 40 ans. 50% présentaient une sciatique L5 et les autres une sciatique S1, dont deux patients étaient déjà en récurrence de leur douleur sciatique. La durée moyenne de l'intervention était de 90 minutes. Les suites opératoires ont été marquées par l'amélioration clinique de la sciatique chez tous les patients, la survenue d'une brèche méningée dans un cas, la non survenue d'infection ou de récurrence, et la survenue d'une douleur post-opératoire jugée minime par les patients selon l'EVA. Il s'est avéré que l'endoscopie a permis un lever précoce, une réduction nette de la durée d'hospitalisation, de la consommation d'antalgiques et du taux de complications infectieuses et qu'elle a permis également une reprise précoce des activités professionnelles et sportives sans aucune restriction après le geste ainsi qu'une rééducation précoce dans le but de mobiliser le rachis et d'assouplir la musculature. De plus, le pansement imperméable offre au patient la possibilité de prendre un bain chaud, ce qui aide à lutter contre les contractures musculaires, à côté des myorelaxants.

3-5 Avantages et limites

Les avantages (50) :

- La limitation de la voie d'abord et donc du traumatisme musculaire.
-

- La très bonne visualisation des structures permettant entre autres d'assurer une bonne hémostase interne et musculaire, offrant un confort post-opératoire au patient.

- L'efficacité dans les canaux lombaires étroits uni-segmentaires où un abord unilatéral peut décompresser le fourreau dural et la racine des deux côtés, grâce à la largeur du champ de vision.

- La mobilité de l'endoscope et la visibilité de l'extrémité des instruments conférant une sécurité à l'intervention.

- Cette technique vidéo-assistée est un incontestable outil d'enseignement car elle permet de suivre la progression de l'intervention.

Les limites :

- L'absence de vision tri-dimensionnelle, mais qui est compensée par une très bonne vision des différentes structures.

- La longue durée d'apprentissage, mais les bons résultats post-opératoires justifient l'effort de la courbe d'apprentissage.

- La difficulté d'aborder les hernies discales à plusieurs niveaux.

- L'utilisation de l'endoscope dans l'abord antéro-latéral d'une hernie discale cervicale n'est pas supérieure à l'usage du microscope opératoire. Par contre, dans l'abord postérieur, on retrouve les mêmes avantages que dans toutes les situations profondes déjà décrites.

A ce sujet, RUETTEN. S (175) a mené une étude prospective sur deux ans, incluant 87 patients présentant une hernie discale cervicale latérale avec des névralgies du membre supérieur. L'objectif était d'étudier les possibilités techniques de la foraminotomie postérieure endoscopique dans le traitement des hernies discales cervicales latérales. Les résultats ont montré que 87,4% des patients n'avaient plus de névralgies et que 9,2% avaient uniquement des névralgies occasionnelles. Les résultats de la décompression étaient similaires à ceux des procédures conventionnelles. Le traumatisme lié à l'opération a été réduit. Le taux de récurrence était à 3,4%. Aucune complication chirurgicale n'a été notée. L'auteur en conclut que la foraminotomie postérieure endoscopique est une bonne alternative aux procédures

conventionnelles quand les critères d'indication sont remplis et qu'elle offre en même temps tous les avantages de la chirurgie mini-invasive.

4- La nucléoscopie

L'idée d'être moins invasif dans le traitement des hernies discales a été introduite par CASPAR en 1977 par l'utilisation des techniques microchirurgicales.

Le but de la nucléotomie est la réduction du volume du disque par ablation partielle du nucléus pulposus, préservant les structures importantes pour la stabilité rachidienne. Mais à l'aveugle, il reste toujours un risque de laisser en place un morceau de disque ou de le déplacer par les instruments.

Après installation, le repérage radioscopique préopératoire est essentiel pour vérifier le niveau et surtout la direction du disque sur le profil.

5- L'abord rétropéritonéal endoscopique du rachis (lomboscopie) D12 (avec entaille du diaphragme) à L5.(151)

5-1 Préparation

La veille de l'opération, le patient doit avoir suffisamment évacué pour que l'espace rétropéritonéal puisse se déployer sous la pression du gaz CO₂.

5-2 Position du patient

Le patient est couché strictement en décubitus latéral droit. Sa position sur la table doit permettre d'ouvrir le bord de l'arc costal. On dessine la vertèbre fracturée sous radioscopie avec les vertèbres voisines proximales et distales intactes. On dessine également le bord de l'arc costal et la crête iliaque pour faciliter l'orientation. On trace une ligne de 4cm de longueur parallèle à la crête iliaque, à 2cm dans le sens proximal. Les champs stériles doivent couvrir une zone permettant de passer au besoin à la méthode ouverte.

5-3 Disposition autour de la table opératoire

Le chirurgien se trouve en face du patient sur le côté droit de la table. Le premier assistant se tient auprès de lui, plus près du pied de la table, en face du deuxième assistant, l'instrumentiste en arrière, entre le chirurgien et le premier assistant. Le moniteur radiologique, l'amplificateur de brillance et la tour endoscopique sont installés sur le côté gauche de la table.

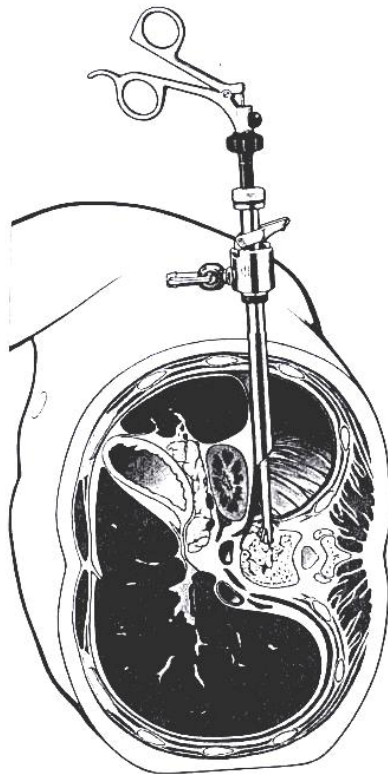
5-4 Technique

a- Rétropéritonéoscopie (lomboscopie) :

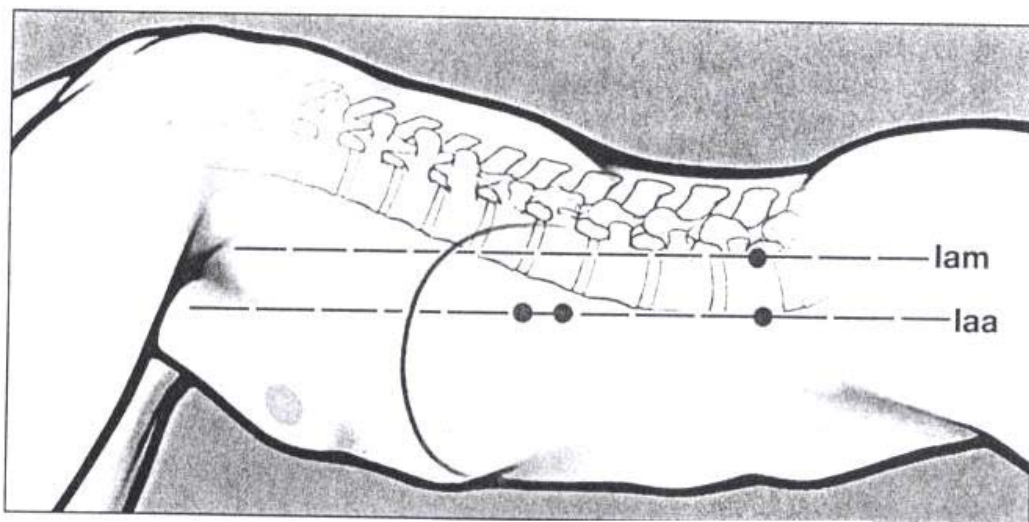
On incise la peau sur 2cm de longueur sur la ligne tracée, crâniale par rapport à l'aile iliaque. On sectionne le tissu adipeux sous-cutané, on fend avec les ciseaux les fibres du muscle oblique externe abdominal que l'on maintient ouvertes avec des microcrochets de Langenbeck. On écarte ensuite les fibres se croisant en dessous du muscle oblique interne, que l'on retient ensuite également avec des microcrochets de Langenbeck. Pour finir, on fend le muscle transversal abdominal avec l'aponévrose transversale et l'on repositionne les microcrochets. On peut alors palper avec le doigt la graisse rétropéritonéale. La pointe du doigt atteint le muscle psoas et recherche en palpant la saillie ronde ventrale. Le sens détecté par palpation est d'une importance particulière pour le placement du ballonnet de distraction.

On introduit le distracteur à ballonnet (*Spacer*) dans la direction décrite et à une profondeur de 10cm environ dans l'espace rétropéritonéal, la direction suivant dans le sens crânial le tracé du muscle psoas. On remplit le ballonnet d'environ 400ml de solution de chlorure de sodium pour créer un espace défini d'un volume correspondant. Une fois le volume obtenu, on élimine la solution et on retire le distracteur. On introduit alors dans le trou de la paroi abdominale un trocart de 10mm qui assure avec un manchon de mousse l'étanchéité au gaz de l'incision. On insuffle du gaz CO₂ par ce trocart sous une pression limitée à 12mmhg. L'optique de 30° révèle en direction crâniale le muscle psoas. On a, à droite, la partie dorsale, à gauche le péritoine, recouvert de la graisse rétropéritonéale et, uniquement chez les patients très minces, la cavité abdominale par transparence. On fait pivoter l'optique vers la gauche et on repousse avec des mouvements effleurants le péritoine de la paroi abdominale. On place sur la ligne dessinée, vers

le centre par rapport au premier trocart, un deuxième trocart de 11mm par lequel on introduit une pince porte-tampon et on élargit l'espace rétropéritonéal sous contrôle visuel de la caméra en procédant de façon mousse. Le rein et sa graisse capsulaire se sont déjà soulevés de leur position dorsale sous l'effet de la pression de gaz du CO₂. Il peut être mobilisé en direction de la cavité abdominale avec le tampon de préparation, sans exiger beaucoup d'effort. Cette manœuvre soulève de la colonne vertébrale l'artère et la veine liéniques gauches.



Coupe à hauteur de la 1ère vertèbre lombaire après exposition de l'espace rétropéritonéal



Abord lomboscopique

Positions des trocars : **lam** = ligne axillaire médiane, **laa** = ligne axillaire antérieure

b- Mise à nu des vertèbres lombaires :

On met en place deux autres trocars pour dégager les vertèbres. Un trocart de 11mm est introduit côté ventral dans un angle de 30° projeté sur la vertèbre fracturée. C'est par là que se fera plus tard la contention de la fracture. A côté, dans le sens crânial ou caudal, on place un trocart qui servira pour l'optique. La préparation de l'espace rétropéritonéal se fait à partir de la crête iliaque, la contention de la colonne vertébrale à travers les trocars qui font face aux vertèbres.

6- La spondylodèse du rachis dorsal et lombaire D4 à L5 (151).

L'endoscopie permet de réaliser des spondylodèses monosegmentaires ou multisegmentaires avec greffon prélevé sur la crête iliaque et ostéosynthèse par plaques après contention dorsale d'angle stable pour les fractures instables, l'instabilité disco-ligamentaire, la dégénérescence discale instable, l'instabilité d'origine tumorale ou la décompression du canal rachidien.

On définit avec précision sous radioscopie la hauteur de la contention à réaliser. On ouvre avec le ciseau, dans le tiers central de la colonne vertébrale, les espaces intervertébraux sus et sous-jacents à la vertèbre détruite.

On creuse au ciseau le lit prévu pour le greffon au niveau de la transition vers le tiers dorsal, parallèlement à l'arête postérieure de la vertèbre, et, vers le tiers ventral, parallèlement au tendon longitudinal antérieur. On extirpe ensuite à l'aide de limes et de pinces emporte-pièces les fragments d'os et de disque et l'on débride et rectifie soigneusement avec des curettes à cuiller et des curettes à bague tout spécialement les plaques intactes, limitrophes du lit du greffon, des vertèbres sus et sous-jacentes. On obtient ainsi pour le greffon un lit d'une largeur de 1,5cm environ dans le tiers central de la vertèbre, d'une profondeur de 3cm et d'une longueur pouvant varier individuellement et mesurée au cours de l'opération, une fois le lit du greffon terminé. La longueur nécessaire du greffon est définie sous radioscopie à l'aide d'un

instrument de mesure métallique posé au-dessus du lit du greffon et présentant des entailles. Le greffon tricortical prélevé sur la crête iliaque s'obtient par une incision séparée au-dessus de la crête iliaque gauche. La largeur du greffon de 1,5 cm environ résulte de l'épaisseur de la crête iliaque. Sa profondeur de 3cm environ est déterminée par l'ostéotomie pratiquée avec une scie à oscillations parallèlement à la crête iliaque.

Après refermeture du point de prélèvement osseux par suture de l'aponévrose et pose d'un drain, on utilise l'incision originale du trocart, désormais élargie, pour placer un trocart plus gros de 33 mm (Endopath, Ethicon Endo-Surgery) avec manchon d'extraction, par lequel on introduit le greffon dans l'espace rétropéritonéal. Si l'on procède par thoracoscopie, il faut retirer pour cela l'un des trocarts. On écarte l'espace intercostal à l'aide de deux microcrochets de Langenbeck pour introduire le greffon. On insère le greffon osseux dans son lit à l'aide du pilon.

Pour la mise en place d'une plaque de compression LCDC de titane ayant la longueur et la largeur voulues, on procède de la même façon que pour le greffon. Il faut placer correctement la plaque sous radioscopie de sorte que les trous terminaux de vis se situent en haut et en bas au-dessus des vertèbres intactes.

7- L'abord transpéritonéal laparoscopique du rachis lombaire (L5/S1) (151)

7-1 Généralités

La discectomie lombo-sacrée laparoscopique a été décrite dès 1991. Après le perfectionnement des instruments de Bagby-and-Kuslich pour l'emploi laparoscopique, on publia alors en 1994, la première série avec contention de la transition lombo-sacrée. Le bénéfice pour le patient au niveau gravité de l'intervention, douleurs et durée de la convalescence était tellement impressionnant que la spondylodèse laparoscopique ambulatoire devenait possible, ou était décrite comme une intervention chirurgicale d'un jour. Les résultats de cette série portant sur deux années étaient comparables à ceux de la fusion L5/S1 traditionnelle.

7-2 Indications et contre indications

– Indications :

- La dégénérescence discale grave après l'échec du traitement conservateur.
- La hernie discale symptomatique récidivante sans séquestration libre.
- Le syndrome de post-nucléotomie.
- Les pseudarthroses (avec et sans contention dorsale).
- La spondylolisthésis après réduction et stabilisation de partance dorsale.

– Contre indications :

- Chirurgie abdominale ouverte antérieure.
- Ostéoporose grave.
- Destruction des plaques motrices suite à des fractures ou d'origine iatrogène.
- Infection active.
- Tumeur.

7-3 Préparation du patient

L'intestin a été soigneusement préparé la veille de l'opération. Angela OLINGER et Ulrich HILDEBRANDT (151) préfèrent l'irrigation intestinale orthograde. Une autre solution consiste à faire boire au patient 3 l de Clean prep. Le but de la préparation est d'éliminer entièrement de l'intestin grêle et du gros intestin les matières fécales et les gaz intestinaux pour ne pas encombrer le champ opératoire.

Le patient est couché en décubitus dorsal. Les bras reposent sur le côté de la table. Le fessier repose sur le coussin plat pour éviter des superpositions dans le faisceau de rayonnement latéral, provoquées par les pièces métalliques de la table opératoire .

7-4 Disposition autour de la table opératoire

La tour endoscopique est installée au pied de la table d'opération, le moniteur radiologique à gauche de la tour, l'amplificateur de brillance sur le côté gauche de la table

opératoire. Le chirurgien se tient à droite, aussi prêt que possible de la tête du patient, le premier assistant sur le côté gauche de la table, en face du chirurgien. Le deuxième assistant se trouve plus près du pied que le 1^{er} assistant, l'instrumentiste plus près du pied que le chirurgien.

7-5 Laparoscopie

On commence par introduire l'aiguille de Veress au-dessus de l'ombilic. On établit en relâchement un pneumopéritoine d'une pression de 12mmhg. On place le premier trocar de 11mm par une incision cutanée faite au-dessus de l'ombilic. Il abrite l'optique de 30° pendant toute l'opération. On introduit ensuite sous contrôle par caméra, un trocar de 6mm à droite et un autre à gauche dans le mésogastre, à côté du muscle droit de l'abdomen. On place ensuite des deux côtés dans le bas-ventre distal deux trocars de 11mm, par lesquels on introduit les écarteurs. L'écarteur introduit à gauche retient le côlon sigmoïde. On commence par une incision longitudinale du péritoine. On sépare le tissu adipeux supra-péritonéal avec un tampon de préparation. Les deux principaux cordons des nerfs hypogastriques se trouvent sous le tissu adipeux et convergent en direction de la bifurcation. On sectionne les petites liaisons transversales lors de la préparation mousse du tissu adipeux et les principaux cordons des nerfs hypogastriques noyés dans le tissu adipeux sont retenus sur le côté avec l'écarteur. Le promontoire se trouve alors dégagé. L'artère sacrée médiane et sa veine suivent en longueur le centre du promontoire. On détache les vaisseaux de leur fixation lâche par du tissu conjonctif à l'aide des ciseaux et de la pince à préhension de Kelly avant de les mobiliser sur toute la hauteur de l'espace intervertébral. On peut utiliser pour cela le trocar droit de 11mm. On referme les vaisseaux avec la pince à clip aussi loin que possible. On fait la résection de la section de vaisseaux entre les clips pour obtenir un champ opératoire le plus grand possible pour la contention de la colonne vertébrale. Après la laparoscopie, on peut réaliser une spondylodèse pour une spondylolisthésis L5/S1 par exemple.

DISCUSSION

Il s'avère, d'après cette revue de la littérature, que l'endoscopie neurochirurgicale occupe désormais une place de choix parmi les techniques opératoires neurochirurgicales. Les progrès techniques ont beaucoup contribué à cela, par l'apparition sur le marché de neuroendoscopes avec miniaturisation des instruments. L'utilisation du laser est un autre point positif, vu ses diverses applications en neuroendoscopie. Cependant, la miniaturisation des instruments nuit légèrement à la qualité de l'image d'une part et au versant opérationnel d'autre part. Pour augmenter ces qualités sans que le diamètre devienne trop important, une nouvelle endoscopie est en train de naître : l'endoscopie numérique. Celle-ci utilise une nouvelle génération de caméra couleur située à l'extrémité distale de l'endoscope, associée à un traitement numérique des données.

Les cartes électroniques des anciens matériels seront remplacées par des microprocesseurs et un logiciel de gestion du signal numérique. Ceci va entraîner une amélioration des performances en terme de rapidité, de résolution, de spécificité et de fiabilité. Le système s'autorégule en permanence et ne nécessite donc pas de réglage à la différence des cartes électroniques sensibles aux chocs et à la chaleur. Les performances de ce système permettront de réduire de façon non négligeable l'espace occupé par le système optique en faveur de canaux opérationnels supplémentaires pour un diamètre donné.

L'équipe de J.J MOREAU (142) du service de Neurochirurgie du CHU Dupuytren de Limoges a essayé d'adapter l'endoscope rigide au système de neuronavigation. Ceci a été réalisé par l'adjonction, sur l'endoscope, d'un système de diodes émettant des infra-rouges, connecté à la station de travail du neuronavigateur. L'endoscope devient alors un instrument guidé par l'ordinateur. Dans ces premiers résultats utilisant cet ensemble, l'auteur rapporte 17 cas comprenant 8 ventriculocisternostomies, 5 ventriculocisternostomies couplées à une biopsie de tumeurs de la région du III^{ème} ventricule, 4 exérèses ou marsupialisation de lésions kystiques du III^{ème} ventricule. Aucune complication due à la technique n'a été rapportée. J.J MOREAU conclut que la neuroendoscopie guidée par ordinateur facilite la procédure chirurgicale endoscopique, sans que la radioscopie soit nécessaire. Le neurochirurgien peut alors choisir, indépendamment d'une technique chirurgicale préétablie, le point d'entrée, la cible et la meilleure trajectoire

adaptable à l'anatomie individuelle de chaque patient, à la localisation et à la nature de la cible choisie. Ce système représente un progrès pour le neurochirurgien dans le cadre de la Neurochirurgie moins invasive et un incontestable outil d'apprentissage. L'utilisation de l'endoscopie en neurochirurgie peut revêtir essentiellement deux aspects (4) :

- Un aspect diagnostique : l'endoscopie permet en théorie une bonne visualisation des cavités intra-cérébrales et peut visualiser les structures qui ne sont pas directement dans le champ de vision de l'opérateur et cela en utilisant les optiques à visée latérale. Ses indications sont les suivantes : la pathologie hypophysaire (visualisation par voie endoscopique de la selle turcique et de son contenu, par voie basse et par un abord limité), la vérification de l'espace intervertébral après curetage discal, la réalisation de biopsies des lésions intra-ventriculaires.

- Un aspect thérapeutique : la ventriculocisternostomie, la fenestration des hydrocéphalies multiloculaires, le traitement des kystes arachnoïdiens supra-sellaires et des kystes colloïdes, le traitement des rhinorrhées par voie endonasale, la chirurgie fonctionnelle de l'angle ponto-cérébelleux.

I. La neuroendoscopie à visée diagnostique

1- Pathologie tumorale

La pathologie tumorale péri et intra-ventriculaire semble une indication de choix pour ce qui est du diagnostic de nature.

L'avantage de l'endoscopie par rapport aux biopsies stéréotaxiques réside dans la visualisation directe du site de biopsie. Ceci permet théoriquement d'éviter les hémorragies en choisissant un endroit peu ou avasculaire. Dans ce cas, l'endoscopie permettrait de contrôler le saignement par irrigation ou coagulation. D'autre part, la vision directe du site permet de réduire le taux de biopsies dites blanches en prélevant un tissu visiblement tumoral. Certains auteurs (ZAMORANO (205), GOODMAN (79)), associent, dans ce but, l'endoscopie à la biopsie stéréotaxique.

Dans les tumeurs kystiques para-ventriculaires, l'endoscopie peut être intéressante d'un point de vue thérapeutique et diagnostique en « vidant » le kyste tumoral, soulageant ainsi l'effet de masse et en réalisant en même temps une biopsie.

Dans le cas particulier des tumeurs de la région pinéale, la série rapportée par DECQ montre les difficultés de la biopsie des tumeurs du VIII : la biopsie n'a été possible que dans 20% des cas. Cette difficulté est liée à la grande différence d'axe entre l'abord de la région pinéale et l'abord de la citerne pré-pontique pour la VCS.

2- Pathologie de la fosse cérébrale postérieure

Dans la pathologie de la fosse cérébrale postérieure, l'endoscopie s'avère être d'une aide appréciable, notamment pour les conflits vasculo-nerveux en démasquant un conflit non visible sous microscope, pour les tumeurs de l'angle ponto-cérébelleux, en étudiant les rapports vasculo-nerveux de la région, permettant une exérèse plus sûre, puisqu'elle permet la conservation de l'audition dans 60% des cas versus 30% sous microscope, chez les patients traités pour un neurinome de l'acoustique.

3- Pathologie des sinus para-nasaux

L'endoscopie occupe une place de choix dans le diagnostic des pathologies sinusiennes. En effet, la technique du Professeur MESSERKLINGER (166) a corroboré l'origine rhinogénique de la plupart des pathologies des larges sinus para-nasaux. L'abord endoscopique des sites-clés de la paroi nasale latérale permet non seulement de poser le diagnostic de la pathologie sinusienne, mais aussi de la traiter, en faisant régresser des lésions même massives de la muqueuse sinusienne sans y toucher (166), épargnant ainsi au patient un taux élevé de complications, de morbidité et des méthodes chirurgicales radicales.

II. La neuroendoscopie à visée thérapeutique

1 L'hydrocéphalie

a- La ventriculocisternostomie :

L'hydrocéphalie a été la première cible de l'endoscopie en neurochirurgie et restera probablement l'une de ses indications favorites.

La ventriculocisternostomie endoscopique, comme traitement de l'hydrocéphalie obstructive et spécialement la sténose congénitale de l'aqueduc de Sylvius, constitue une dérivation interne naturelle du LCS. Elle a été utilisée par plusieurs auteurs sur de larges séries de patients et a donné d'excellents résultats avec un taux de succès compris entre 73 et 100%, un taux de mortalité quasi-nul et une morbidité inférieure à 5%.

Chez un certain nombre de patients, où l'hydrocéphalie est due à une lésion tumorale de la fosse cérébrale postérieure ou de la région pinéale, la VCS peut être utilisée pour traiter cette hydrocéphalie et passer un cap avant le traitement de la lésion initiale (4), ceci a été le cas pour six patients de notre série qui ont subi une VCS pour hydrocéphalie secondaire à une tumeur de la fosse cérébrale postérieure, en attendant la cure de leurs tumeurs, ils étaient âgés de 8 à 20 ans. Un patient d'entre eux est décédé à cause de l'évolution de sa tumeur.

La réalisation de la VCS dans ces cas, évite les inconvénients à court et à long terme des valves (infection, engagement paradoxal par hyperdrainage, complications mécaniques) et des dérivations externes. La perméabilité de l'orifice de la VCS peut être suivie par l'IRM de flux. En cas de fermeture secondaire, la réalisation d'une seconde VCS endoscopique est toujours possible et cette procédure endoscopique n'empêche en aucun cas la mise en place d'une dérivation si celle-ci s'avère nécessaire (4).

a-1 Suivi après la ventriculocisternostomie

L'évaluation en post-opératoire immédiat est d'une importance extrême. La méconnaissance des événements qui peuvent se produire après l'intervention peut conduire à conclure à tort à l'échec de la procédure endoscopique. Le réveil après l'anesthésie est

habituellement rapide. Des périodes d'agitation peuvent être observées essentiellement si un saignement per-opératoire s'est produit. Une hyperthermie à 39–40° peut être observée dans les 48 à 72 heures post-opératoires souvent après plusieurs manipulations du plancher du III^{ème} ventricule. Elle est probablement due à un dysfonctionnement hypothalamique transitoire de thermo-régulation et ne doit en aucun cas être considérée comme un signe d'infection du LCS en l'absence d'autres signes cliniques. Sa persistance après 72 heures doit inciter à réaliser une ponction lombaire avec étude bactériologique et institution d'une antibiothérapie. Une hyperkaliémie modérée, transitoire a été rapportée dans les 4 à 5 jours qui suivent la procédure. Elle est due à une distorsion de l'hypothalamus durant la perforation du plancher du III^{ème} ventricule.

Il est souhaitable de réaliser une TDM cérébrale dans les 24 à 48 heures pour évaluer le degré de dilatation ventriculaire immédiatement après la procédure. La mesure de la pression intra-crânienne dans les premières heures post-opératoires montre des valeurs basses, dues à la perte du LCS en per-opératoire. Elle atteint des valeurs élevées dans les 12 heures post-opératoires. Dans les 2 à 4 jours post-opératoires, ces valeurs élevées de la pression intra-crânienne peuvent devenir symptomatiques (céphalées, vomissements) essentiellement chez les patients opérés pour dysfonctionnement de la dérivation. Ces symptômes ne doivent guère faire conclure à l'échec de la procédure. Certains auteurs proposent de laisser en place, pour la période post-opératoire, un drainage ventriculaire externe pour permettre un drainé occasionnel du LCS en cas d'élévation des pressions intra-crâniennes. Ceci permet, par diminution des pressions intra-ventriculaires, une expansion rapides des espaces sous-arachnoïdiens intra-crâniens et une circulation du LCS vers la convexité. Des résultats similaires ont été obtenus après ponction lombaire évacuant du LCS afin de normaliser les pressions intra-crâniennes. Elle doit être répétée 24 à 48 heures après. Une troisième ponction est rarement nécessaire. Les pressions intra-crâniennes deviennent normales dans les 7 à 10 jours opératoires. Une IRM cérébrale et une IRM de flux doivent être effectuées pour vérifier la perméabilité de la stomie. Elles doivent être répétées à 3 mois, puis tous les 6 mois durant les

premiers deux ans, puis tous les 12 mois jusqu'à six ans post-opératoires. Après six ans, le risque de fermeture est très faible (76).

a-2 Avantages

- Une plus grande sécurité : la limitation du risque de lésion nerveuse ou vasculaire.
 - Un accès rapide à la cible par un petit trou de serrure (94).
 - La réalisation de la VCS même en l'absence de « besace » clivable.
 - Le contrôle per-opératoire de l'efficacité de la VCS.
 - La limitation des complications infectieuses par rapport aux dérivations dans la mesure où l'encéphale n'est pas mis en communication avec un milieu extérieur.
 - Elle évite l'utilisation de produit de contraste per-opératoire qui peut causer une arachnoidite pouvant contribuer à la fermeture secondaire de la VCS.
 - Par rapport aux méthodes stéréotaxiques, elle peut être utilisée chez les enfants à crâne fin.
 - Si le patient continue à avoir besoin de sa dérivation, les dysfonctionnements sont moins graves, et en cas de succès, il peut vivre sans dérivation toute sa vie.
 - L'absence de réaction à corps étranger car aucun matériel n'est laissé en place.
 - La possibilité de réaliser un geste associé comme la biopsie d'une tumeur ou l'évacuation d'un kyste (6).
 - La réduction de la durée de l'intervention et de l'hospitalisation.
 - La réduction du coût de l'intervention par la diminution de la durée de l'hospitalisation et par l'éviction des complications des dérivations qui reviennent très chères. Il serait possible de gagner 9 opérations et 74 jours d'hospitalisation par an en utilisant la VCS plutôt que les dérivations (19).
-

a-3 Les complications

Actuellement, la morbidité liée à la VCS a pu être abaissée jusqu'à 5 % (116). Le taux de complications engageant le pronostic vital semble aussi bas et le décès post-opératoire est rare : 0,7 % des VCS endoscopiques (76).

Les complications rapportées dans la littérature sont à type de :

- hémorragie per-endoscopique, de l'ordre de 2,3% (92,186).
- hématome sous-dural (96).
- perforation de l'artère basilaire (116) ou anévrisme traumatique de l'artère basilaire (4).

A ce sujet, HOROWITZ.M (98) rapporte le cas d'une lésion de l'artère basilaire associée à une hémorragie intra-ventriculaire et à un faux anévrisme secondaire à une VCS endoscopique, réalisée chez un enfant de 30 mois ayant une hydrocéphalie obstructive et une malformation de Chiari I. Le faux anévrisme a été traité par technique endovasculaire, embolisation et usage de clips, sans morbidité post-opératoire consécutive.

- Complications endocriniennes : sécrétion inappropriée de l'ADH, aménorrhée secondaire, diabète insipide transitoire. S.COULBOIS (41) rapporte le cas d'un homme opéré par VCS endoscopique pour une hydrocéphalie secondaire à un méningiome de la tente du cervelet, qui a présenté en post-opératoire un diabète insipide isolé, nécessitant un traitement par vasopressine. L'évolution de ce trouble endocrinien a été spontanément favorable en quelques jours. Il s'agit d'une complication rare et transitoire qui ne doit pas remettre en cause les indications de la VCS. Cependant, plusieurs auteurs recommandent de n'utiliser la VCS que lorsque le plancher est suffisamment distendu, les noyaux de celui-ci étant alors repoussés latéralement.

- infection : de l'ordre de 3 %, à type de méningite et de ventriculite.
- convulsions.
- arythmie cardiaque, bradycardie (86), hyperkaliémie. A ce propos, Anandh (11) rapporte l'expérience initiale de son équipe (Department of Neurosurgery, National Institute of Mental Health and Neurosciences) dans la VCS endoscopique, où ils ont pu observer une bradycardie per-opératoire et une hyperkaliémie post-opératoire. L'auteur a donc mené une étude afin de

vérifier la véracité de ces constats. Ainsi, les variations per-opératoires de la fréquence cardiaque et post-opératoires de la kaliémie ont été étudiées prospectivement chez 20 patients subissant une VCS. Six autres patients ayant subi des procédures endoscopiques outre que la VCS ont servi de témoins. La technique anesthésique était identique chez tous les patients. La kaliémie a été mesurée en per-opératoire et chaque jour pendant les 5 jours post-opératoires. Le groupe de la VCS a montré une baisse significative de la fréquence cardiaque pendant la perforation du plancher du VIII (de 112 +/- 26 à 101 +/- 28 bpm, $p < 0,001$), mais aussi lors de l'inversion du bloc neuro-musculaire à la fin de la chirurgie (de 104 +/- 29 à 96 +/- 33 bpm, $p < 0,01$). Le groupe témoin n'a pas présenté de telles variations dans la fréquence cardiaque.

L'augmentation post-opératoire des valeurs de la kaliémie dans le groupe de la VCS (0,82 +/- 0,55 mmol/l) était plus élevée que dans le groupe témoin (0,10 +/- 0,44 mmol/l) $p < 0,01$. On peut donc affirmer que la VCS endoscopique est associée à une bradycardie significative lors de la perforation du plancher du VIII et de l'inversion du bloc neuromusculaire, ainsi qu'à une élévation post-opératoire de la kaliémie. L'auteur propose l'hypothèse d'un mécanisme de distorsion de l'hypothalamus postérieur qui peut expliquer ces modifications.

Dans le même ordre d'idée, AGRAWAL.A (5) énumère les différentes situations pourvoyeuses d'une bradycardie en neurochirurgie, parmi lesquelles on retrouve la VCS, à côté d'autres situations comme les processus expansifs intra-crâniens, les lésions cérébelleuses et rachidiennes, l'obstruction des cathéters ventriculaires dans les hydrocéphalies, le syndrome d'Ondine, etc. Cette bradycardie survient dans le cadre du réflexe de Cushing incluant une hypertension artérielle, une bradycardie et une apnée secondaire à l'augmentation de la Pression Intra-Crânienne. Le traitement de cette bradycardie inclut l'usage des anticholinergiques et si besoin une stimulation cardiaque.

- œdème pulmonaire bilatéral, arrêt respiratoire.
 - hémiplégie, hémiparesie transitoire (111).
 - déficit neurologique permanent (1,3 %) (94), retard du réveil, anisocorie, hypertension artérielle.
-

- trouble de la personnalité (impulsivité, agressivité, hypersomnie, fléchissement de la mémoire, polyphagie...).
- récurrence (stomie non fonctionnelle).

Dans une étude comparative entre les dérivations naturelles (618 cas dont 527 VCS et 91 destructions des plexus choroïdes) et les dérivations utilisant tubes et valves (1087 cas), il apparaît que le taux de mortalité opératoire et de bons résultats initiaux sont identiques dans les deux groupes. Par contre, les complications sévères à long terme sont dix à vingt fois plus importantes dans le groupe avec tubes et valves. L'incidence varie de 35 % à 100 % (moyenne de 57 %) en fonction du procédé. Alors que dans le groupe des dérivations naturelles, elle n'a été que de 3 à 5% (181).

MILHORAT (137) rapporte une incidence de dysfonctionnement chez l'enfant et l'adolescent entre 20 et 40 % à 2 ans et entre 40 et 100 % à 5 ans et plus.

SAYERS (180), sur une série de 730 dérivations rapporte 46 % de cas ayant nécessité une révision et 29 % plus d'une dérivation sur une période de 17 ans.

En plus des taux importants de morbi-mortalité, les dérivations externes non physiologiques ne recréent pas un état tensionnel intra-crânien physiologique, puisqu'elles tendent à siphonner. De plus, les complications telles que les hématomes sous-duraux, les crâniosténoses secondaires sont dues à l'incapacité de la valve à restaurer une circulation normale du LCS.

OKA (149) a traité 11 patients pour hydrocéphalie par sténose de l'aqueduc de Sylvius. Il y a eu succès dans 90,9 %. LOH (129) a traité 4 patients et a eu un succès de 100 %, les 4 patients étaient toujours asymptomatiques après une période de suivi de 42 mois. Ces taux de succès rejoignent à peu près celui de notre série.

HENRY(93), dans deux larges séries dans lesquelles l'endoscopie était réalisée chez plus de 100 patients, le taux de succès chez les patients de plus de 2 ans était de 70 à 81% et de 45 à 50 % chez ceux de moins de 2 ans. La cause de l'hydrocéphalie influence les résultats à long terme. De meilleurs taux de succès ont été constatés chez les patients présentant une sténose de l'aqueduc de Sylvius, un spina bifida, une tumeur tectale, pinéale ou de la fosse cérébrale

postérieure. Le risque d'échec paraît augmenter avec la notion d'infection intra-crânienne ancienne ou récente, il est vraisemblablement dû à une oblitération de la VCS.

MANDAT.T (131) a essayé d'évaluer rétrospectivement l'efficacité de la VCS endoscopique dans le traitement de l'hydrocéphalie obstructive secondaire à des tumeurs de la partie postérieure du VIII chez 32 enfants (13 filles et 19 garçons) opérés entre 1996 et 2000. 22 patients avaient une masse tectale bénigne et 10 patients des tumeurs malignes dont 9 tumeurs germinales et un épendymome. La période de suivi après VCS variait de 5mois à 4 ans (une moyenne de 21 mois). Chez tous les patients, l'évolution post-opératoire immédiate était bonne. 8 patients ayant des tumeurs malignes ont nécessité l'excision de la tumeur résiduelle plus de trois mois après la VCS et après la chimiothérapie initiale.

Chez 26 patients (81%), l'hydrocéphalie a été bien contrôlée, alors qu'une récurrence de l'hydrocéphalie active a été notée chez 6 patients (19%), 3 d'entre eux avaient une masse tectale bénigne et 3 une tumeur maligne. L'échec de la procédure a été noté chez deux cas parmi les patients porteurs de tumeurs malignes, il était dû à la dissémination méningée de la tumeur chez un patient et à un saignement post-opératoire chez l'autre. Chez deux patients ayant une tumeur bénigne, les causes d'échec de la procédure n'étaient pas claires : chez l'un d'entre eux, une occlusion tardive de la stomie a été diagnostiquée à l'IRM de flux, ce qui a motivé une deuxième procédure endoscopique 26 mois après, et qui a été réussie. 5 patients /6 ont nécessité une dérivation.

La VCS endoscopique est donc une méthode efficace dans le contrôle de l'hydrocéphalie obstructive chez les enfants ayant des tumeurs de la partie postérieure du VIII. L'IRM de flux est un outil diagnostique utile pour évaluer la fonctionnalité de la stomie et détecter les échecs thérapeutiques, posant ainsi l'indication d'une nouvelle VCS qui est le plus souvent réussie. D'autres cas d'échecs thérapeutiques doivent être traités par dérivation.

SHIM.KW (191) rapporte son expérience concernant le traitement d'enfants hydrocéphales, simultanément par dérivation ventriculo-péritonéale et par VCS. Entre 1995 et 2006, il a traité 111 enfants hydrocéphales. Parmi ceux-ci, 31 nourrissons ont subi une dérivation ventriculo-péritonéale et une VCS de façon simultanée (1^{er} groupe) et 45 nourrissons

ont subi uniquement une dérivation ventriculo-péritonéale (2^{ème} groupe). Le 1^{er} groupe était composé de 17 garçons et de 14 filles avec une moyenne d'âge de 6,32 mois, le 2^{ème} groupe était constitué de 25 garçons et de 20 filles avec une moyenne d'âge de 4,43 mois. Il n'y avait pas de différence dans l'étiologie de l'hydrocéphalie ou dans les signes cliniques entre les deux groupes. L'efficacité du shunt a été comparée en se basant sur le calcul de l'index ventriculaire per et post-opératoire et le taux de fermeture du shunt durant la période de suivi des deux groupes qui variait de 6 à 140 mois (moyenne de 53,23mois) dans le 1^{er} groupe et de 6 à 148 mois dans le 2^{ème} groupe. Il y avait trois cas d'infection et deux cas d'obstruction de shunt dans le 1^{er} groupe versus 8 cas d'obstruction, 5 cas d'infection et un cas d'excès de drainage dans le deuxième groupe. L'index ventriculaire en pré et en post-opératoire chez les deux groupes était significativement différent. L'auteur en conclut que la procédure simultanée (VCS+dérivation ventriculo-péritonéale) peut être le traitement de première intention dans l'hydrocéphalie des patients de moins d'un an.

KOCH.D (119) rapporte 12 re-ventriculocisternostomies, dans le traitement de l'hydrocéphalie obstructive. L'étiologie de l'hydrocéphalie était représentée par une sténose bénigne de l'aqueduc chez 9 patients, une tumeur autour de l'aqueduc chez 2 patients et une hémorragie intra-ventriculaire chez un patient. Chez tous les patients, la VCS initiale était réussie, mais après un intervalle de 2 semaines à 6 ans, les patients ont développé des symptômes similaires à la période pré-opératoire. En per-opératoire, la stomie était complètement fermée chez 9 patients et obstruée de façon subtotale chez 3 patients. La re-VCS a été réalisée de façon mousse par sonde de Fogarty chez tous les patients. Sur les 12 patients, 6 ont eu une excellente évolution post-opératoire, un patient s'est amélioré et un autre a eu un court bénéfice de sa re-VCS avant de décéder par des problèmes cardiaques. Par contre, chez les 4 autres patients, la re-VCS a échoué et ils ont eu besoin d'une dérivation. L'auteur conclut qu'après une première VCS réussie, une re-VCS devrait être considérée comme une option suffisante en cas de suspicion d'un dysfonctionnement de la stomie.

b- La coagulation des plexus choroïdes :

Dans l'hydrocéphalie communicante, la coagulation endoscopique des plexus choroïdes n'a pas eu tant de succès et ne semble pas gagner la confiance des neurochirurgiens, a fortiori pour l'enfant, chez qui, cette technique semble trop agressive pour être appliquée en première intention.

b-1 Résultats

La mortalité opératoire varie entre 5 et 15 % (159). La morbidité est importante : fistule de LCS, infections, épilepsie, hydrocéphalie obstructive secondaire, collapsus cérébral. SCARFF (184) a obtenu les meilleurs résultats par cette méthode : 80 % de survie à 5 ans.

POPLE, ETTLES et GRIFFITH (161,162) ont réalisé des coagulations endoscopiques des plexus choroïdes chez 116 patients en 20 ans. La mortalité opératoire était nulle. 35 % des 104 patients revus n'ont pas nécessité une dérivation du LCS après une période de suivi de 10 ans et demi. Le succès de l'intervention était influencé par le type de l'hydrocéphalie.

b-2 Complications

Les principales complications de cette technique sont :

- ❖ Une hémorragie ventriculaire minime en per-opératoire.
- ❖ Un arrêt respiratoire qui a été décrit chez un prématuré.
- ❖ Les cas de méningite post-opératoire ne sont plus décrits, depuis l'usage de l'antibiothérapie péri-opératoire.

L'utilisation de la coagulation endoscopique des plexus choroïdes dans le traitement de l'hydrocéphalie communicante reste extrêmement controversée. Selon GRIFFITH, elle devrait être tentée en première intention car elle permet, en cas de succès, d'éliminer tous les problèmes des dérivations externes.

Pour d'autres auteurs (BUCHOLZ (26), FUKUSHIMA (73)), la coagulation endoscopique des plexus choroïdes peut être utile chez certains patients victimes de complications des dérivations ou ceux ne répondant pas bien aux dérivations. EDWARDS R. J et POPLI I.K (56) ont évalué l'efficacité à long terme de la coagulation endoscopique des plexus choroïdes. 64 coagulations endoscopiques ont été réalisées chez des enfants ayant une ventriculomégalie et un périmètre

crânien supérieur à 98 percentiles. La durée moyenne de suivi était de 13,7 ans. Dans 6 cas, une coagulation unilatérale a été effectuée et dans 34 cas, une coagulation bilatérale. 8 procédures endoscopiques ont été abandonnées du fait d'un LCS xanthochromique (4 cas) et d'un saignement per-opératoire obscurcissant la vision (4 cas). 45 % des patients ont vu leur hydrocéphalie contrôlée au début puis décompensée plus tard. L'hydrocéphalie n'a été contrôlée à long terme que dans 30 % des cas.

c- Le placement et l'ablation de cathéters ventriculaires par voie endoscopique :

Le placement des cathéters ventriculaires de dérivations externes sous endoscopie, donne de meilleurs résultats (90% de cathéters bien placés) comparés à ceux obtenus sans recours à l'endoscopie (33%) . Mais quant à l'utiliser systématiquement, cela semble excessif. Par contre, lors de l'ablation d'un cathéter intra-ventriculaire symptomatique, l'endoscopie est utile surtout dans les cas de méningite ou de ventriculite résistantes aux antibiotiques à cause d'un réensemencement par un cathéter libre colonisé.

c-1 -Résultats

VRIES (201), sur une série de 85 cas, a obtenu 67 bons résultats sans complications, soit 79 %. Sur les 18 cas restants, il a eu 24 complications dont 9 obstructions ventriculaires et sur ces 9 cas, 7 sont survenues sur des ventricules en fente ou sur des antécédents de ventriculite.

MANWARING (132), sur une série de 200 cas, a obtenu 49 % de révisions sur une période de 12 mois contre 67 % de révisions sur des dérivations ventriculo-péritonéales réalisées sans endoscopie et sur la même période.

Dans l'étude comparative de MANWARING (132), les cathéters ventriculaires étaient considérés comme bien placés dans un 1/3 des cas, alors qu'avec l'endoscopie, 90 % le sont par confirmation scanographique. Il en déduit que l'utilisation de l'endoscopie en routine a un bénéfice certain sur la longévité des dérivations ventriculo-péritonéales. Il a eu 5 % de complications infectieuses dans les deux groupes.

Lors de l'ablation d'un cathéter ventriculaire obstrué et adhérent, il existe un risque accru d'hémorragie intra-ventriculaire par arrachement épendymaire ou des plexus choroïdes, à tel point que certains auteurs dont BECKER et NULSEN suggèrent de laisser le cathéter en place. D'autres auteurs, comme CRONE, utilise un laser KTP 532 pour coaguler le site d'adhésion, désinsérer le cathéter adhérent et en placer un autre dans un endroit optimal en avant des plexus choroïdes.

MANWARING (132), VRIES (201) et MILLER (140), en s'aidant de l'endoscope, ont certes obtenu de meilleurs résultats, mais quant à l'utiliser systématiquement, cela semble excessif. Par contre, lors de l'ablation d'un cathéter intra-ventriculaire symptomatique, l'endoscopie est utile surtout dans les cas de méningite ou de ventriculite résistantes aux antibiotiques, à cause d'un réensemencement par un cathéter colonisé.

d- L'hydrocéphalie multiloculaire :

d-1 Résultats :

KLEINHAUS en 1982 (118), démontre le rôle de l'endoscopie dans la marsupialisation et le placement des cathéters de dérivation ventriculaire. Il rapporte le cas d'un nourrisson de 3 mois aux antécédents d'abcès cérébraux évacués chirurgicalement et qui a développé une hydrocéphalie et un kyste compartimenté intra-ventriculaire gauche. L'endoscopie a permis dans un premier temps de marsupialiser le kyste avec le ventricule latéral puis secondairement de mettre une double dérivation droite et gauche.

POWERS (164) utilise un endoscope flexible associé au laser argon pour traiter les hydrocéphalies multiloculaires où le traitement par plusieurs dérivations semble difficile ou non résolutif. Il rapporte ainsi 7 cas dont 2 ont dû subir finalement une crâniotomie : l'un à cause d'un saignement per-opératoire non localisé, l'autre à cause d'une paroi kystique trop rigide.

ADAM. I LEWIS et R. CRONE (3) rapportent une série de 34 patients ayant subi une marsupialisation de kystes ventriculaires, colligés entre Mars 1990 et Juin 1993, à l'université du centre médical de Cincinnati aux USA, utilisant l'endoscopie associée au laser.

22 patients parmi ces 34 (65 %), avaient moins de 16 ans. Il y avait 21 patients avec hydrocéphalie uniloculaire due à un kyste neuro-épithélial non colloïde chez 15 patients (71 %), à un kyste des plexus choroïdes chez 3 patients (14 %), à une gliose post-chirurgicale chez 2 patients (10 %) et à une méningite chez un patient (5 %).

13 des 34 patients avaient une hydrocéphalie multiloculaire due à une hémorragie intra-ventriculaire chez 4 patients (31 %), à de multiples kystes neuro-épithéliaux chez 4 patients (31 %), à une méningite chez 3 patients (23 %) et à une gliose post-chirurgicale chez 2 patients (15 %). Les tumeurs intra-ventriculaires et supra-sellaires ainsi que les kystes colloïdes ont été exclus de l'analyse. Aucun cas d'hydrocéphalie n'a été causé par une inflammation due à un processus parasitaire.

8 des 34 patients (23,5 %) ont nécessité plus d'une opération pour la marsupialisation des kystes intra-ventriculaires. Très tôt, un patient a dû subir une crâniotomie avec fenestration des septations intra-ventriculaires, 4 patients ont eu une procédure supplémentaire, 2 patients ont eu 2 procédures supplémentaires et 2 autres patients ont eu 3 opérations supplémentaires. ADAM. I LEWIS et CRONE analysent les facteurs de risque de la récurrence des kystes et des dysfonctionnements de shunt.

Ainsi, chez les patients ayant subi une dérivation avant la fenestration endoscopique, le risque relatif de refaire la procédure endoscopique atteint 5,56, en comparaison avec les patients n'ayant pas eu de dérivation antérieure. 6 (50 %) des 12 % patients ayant eu une dérivation avant la fenestration endoscopique ont nécessité une autre procédure, alors que, uniquement 2(9 %) des 22 patients n'ayant pas subi de dérivation antérieure ont nécessité une autre intervention endoscopique. De plus, il s'avère que la fenestration endoscopique des kystes réduit significativement le taux de dysfonctionnement de la dérivation et donc le taux de révisions.

En comparaison avec les patients ayant une hydrocéphalie uniloculaire, ceux avec une hydrocéphalie multiloculaire avaient un risque plus élevé de dysfonctionnement de shunt (risque relatif (RR) de 4,85), ainsi qu'un risque plus élevé (RR de 2,43) de récurrence des kystes. Dans cette série de 34 patients, les complications comportaient une fuite de LCS et une ventriculite. Quant à

la survenue d'un saignement per-opératoire, elle n'a été notée chez aucun patient. Ceci est dû au fait que les vaisseaux situés au niveau de la paroi du kyste sont en général d'un diamètre inférieur à 1 mm et donc facilement coagulables au laser KTP (Potassium-Titanium-Phosphate).

ADAM. I LEWIS et CRONE concluent que la fenestration endoscopique devrait être le traitement de première intention de l'hydrocéphalie multiloculaire et que même en cas de récurrence de celle-ci, une deuxième procédure endoscopique devrait toujours être envisagée avant de proposer la microchirurgie, car les gestes endoscopiques répétés sont souvent très réussis.

e- Les kystes colloïdes :

e-1 Résultats :

Dans le procédé de COHEN (40), qui rapporte trois cas (deux sous anesthésie générale et un sous anesthésie locale), il réalise deux trous de trépan coronaires adjacents à droite sur une ligne passant par le milieu du rebord orbitaire. Par le 2^{ème} trou, il introduit un cathéter qui sert à aspirer la colloïde et qu'il laisse en place 48 heures en dérivation externe. Une septotomie est réalisée pour faire communiquer les deux ventricules latéraux.

Le contenu du kyste colloïde est irritant et peut provoquer une ventriculite chimique. Ceci est minimisé par une abondante irrigation-aspiration lors de son ouverture, associée à une corticothérapie et à un drainage transitoire post-opératoire. Si le kyste colloïde n'est pas enlevé totalement, il y a un risque potentiel de récurrence mais de bons résultats à long terme sont rapportés.

LEWIS et CRONE (127), comparant la méthode endoscopique à la voie trans-calleuse, trouvent des avantages certains en faveur du traitement endoscopique. En effet, le temps opératoire dure moins longtemps, les complications sont moindres, la durée d'hospitalisation est raccourcie et la reprise du travail se fait plus tôt.

DECQ (47), rapporte une série de 22 patients, le suivi moyen est de deux ans (de 1 mois à 48 mois). Tous les symptômes pré-opératoires ont disparu à l'exception des troubles de la mémoire : deux des quatre patients présentant des troubles mnésiques ont conservé leurs symptômes. Enfin, un autre patient admis dans le coma a conservé des troubles psychiatriques

majeurs malgré une intervention urgente, nécessitant son maintien en institution. Une étude neuropsychologique pré et post-opératoire menée chez 6 patients a montré que les kystes colloïdes n'entraînaient que quelques dysfonctionnements mnésiques mineurs qui se sont améliorés en post-opératoire.

Aucune image résiduelle de kyste n'a été observée sur les IRM post-opératoires chez 14 patients (63 %). Parmi ces patients, une récurrence a été observée à un an et est restée asymptomatique et non évolutive après 44 mois de suivi. Une image résiduelle a été observée chez 8 patients (36 %), avec un diamètre de 5 à 25 mm (moyenne de 9 mm).

Cette image résiduelle était stable sur la période de suivi et a même diminué de volume chez deux patients. Chez deux patients dont le kyste s'implantait très en arrière et pour qui il était prévisible qu'une exérèse ne serait pas possible, une ventriculocisternostomie a été réalisée au cours de la même procédure. Aucun patient n'a nécessité de système de dérivation dans la période de suivi.

Quatre patients ont présenté dans les suites une méningite aseptique, sans autre conséquence qu'un prolongement de leur hospitalisation. Un patient a présenté une méningite bactérienne ayant requis une antibiothérapie adaptée.

Une contusion per-opératoire du fornix, du fait de la multiplicité des manœuvres instrumentales, a été notée chez 5 patients et est restée sans traduction clinique. Enfin, aucun patient n'a présenté de complications hémorragiques (47).

L'approche endoscopique des kystes colloïdes n'est pas récente, les premiers cas rapportés datant du début des années 80. Depuis, plusieurs séries ont été rapportées avec des résultats très encourageants mais demandant un suivi à long terme. L'endoscopie présente toutefois quelques difficultés :

- La manipulation d'un endoscope peut engendrer à la longue une contusion du fornix lorsque l'on est amené à réaliser un grand nombre de manœuvres autour du foramen de Monro. Le neurochirurgien doit manipuler les instruments endoscopiques lentement et doucement en anticipant leur trajectoire. Les contusions de contact créées par l'endoscopie sont néanmoins sans traduction clinique dans l'expérience de DECQ.

- La coagulation excessive des parois du kyste peut générer des complications veineuses comme cela a été décrit avec l'usage des lasers. Ce fait ne s'est jamais produit en utilisant la coagulation monopolaire, associée à l'irrigation intermittente.

- La limite la plus importante de l'endoscopie versus l'abord direct, est représentée par la limitation de la manipulation instrumentale. Le débat demeure ouvert quant à l'intérêt d'une exérèse complète comparée à la possibilité d'une ponction-évacuation associée au traitement de la paroi kystique par voie endoscopique. La réponse sera apportée par le suivi à long terme des séries endoscopiques (47).

HELLWIG (91) a traité endoscopiquement 20 patients ayant des kystes colloïdes symptomatiques du III^{ème} ventricule, durant 10ans. Une analyse rétrospective et un suivi de l'évolution clinique et radiologique ont été réalisés. En post-opératoire immédiat, 18 patients avaient une bonne évolution, avec l'amélioration immédiate des signes cliniques. Un patient a présenté une hémorragie per-opératoire suivie d'une psychose post-opératoire temporaire et d'une paralysie du III^{ème} nerf crânien. Un autre patient est resté shunt -dépendant, à cause d'une méningite aseptique, après la procédure endoscopique. Lors du suivi au long cours, un patient a dû être réopéré pour récurrence de son kyste. Le temps opératoire dépendait du matériel contenu dans le kyste et de l'expérience du chirurgien ; il variait de 60 à 300 minutes. La durée moyenne d'hospitalisation était de 9 jours. Le suivi à long terme, qui était d'un à 10 ans, a montré un bénéfice certain chez tous les patients. Trois patients chez qui il existait un déficit de la mémoire à court terme en pré et en post-opératoire, ont eu une résolution progressive de leur amnésie durant les quelques mois qui ont suivi la chirurgie. De même que pour un patient qui avait des céphalées ayant disparu quelques mois après l'opération. Le patient qui a présenté une hémorragie per-opératoire, a développé un léger déficit permanent de la mémoire à court terme. L'analyse de la tomographie numérisée post-opératoire et de l'IRM a révélé la présence de reliquats de la paroi kystique dans la majorité des cas et une diminution de la taille du 3^{ème} ventricule. L'IRM de flux post-opératoire a montré la normalisation du flux du LCS chez 17 patients. HELLWIG conclut que le progrès continu des techniques endoscopiques et des

instruments, avec de bons résultats à long terme chez les patients traités endoscopiquement, font de cette méthode une alternative aux techniques microchirurgicales.

Récemment, LEWIS et CRONE (162), comparant la méthode endoscopique aux méthodes microchirurgicales, ont trouvé une nette différence en faveur de l'endoscopie : le temps opératoire est réduit, le temps d'hospitalisation est raccourci et les complications sont moindres, d'où une reprise plus précoce de l'activité professionnelle.

HORN.EM (97) a également comparé la résection endoscopique des kystes colloïdes du VIII avec la résection microchirurgicale ouverte, par voie transcalleuse. Il rapporte une série de 55 patients ayant subi une résection de leurs kystes colloïdes entre Septembre 1994 et Mars 2004. La voie transcalleuse a été utilisée chez 27 patients et l'approche endoscopique chez 28. Il n'y avait pas de différence concernant l'âge, le sexe, le diamètre du kyste et la présence d'hydrocéphalie entre les deux groupes. La durée de l'opération et d'hospitalisation était nettement plus longue chez le groupe traité par crâniotomie en comparaison avec le groupe traité par endoscopie. Les deux procédures (endoscopie et crâniotomie) ont mené à la réopération chez trois patients. Le groupe ayant subi la procédure endoscopique s'est vu deux de ses patients s'opérer par crâniotomie pour des kystes résiduels et un patient subir une deuxième procédure endoscopique à cause du dysfonctionnement du matériel endoscopique utilisé. Le groupe qui a été opéré par crâniotomie a eu deux réopérations pour fracture des cathéters de drainage et une opération pour évacuation d'un hématome extra-dural. Ce même groupe a présenté un taux élevé de patients nécessitant une dérivation ventriculo-péritonéale (5 versus 2 dans le groupe traité par endoscopie) et un taux élevé d'infection (5 versus 0 dans le groupe traité par endoscopie). Cependant, le suivi à moyen terme a montré plus de petits kystes résiduels chez le groupe traité par endoscopie que chez le groupe traité par crâniotomie (7 versus 1). L'évolution au long cours, par contre, était similaire chez les deux groupes. L'auteur conclut que la neuroendoscopie, comparée à la crâniotomie transcalleuse, est une méthode sûre et efficace dans l'ablation des kystes colloïdes du VIII, et devrait donc être envisagée en première intention, tout en prenant en considération qu'un petit nombre parmi les patients

traités par endoscopie pourrait avoir besoin d'une crâniotomie pour la résection des kystes résiduels.

f-Les kystes arachnoïdiens :

f-1 Résultats :

DECQ (45,48), a traité quatre cas de kystes arachnoïdiens supra-sellaires, un par marsupialisation simple et trois par ventriculo-kysto-cisternostomie. Il perfore la paroi supérieure soit à l'aide d'une sonde coagulante, soit d'une pince à biopsie ou d'une paire de ciseaux. Une fois cet orifice réalisé, le plancher du III^{ème} ventricule s'affaisse et la marsupialisation ainsi créée suffit à rétablir une circulation satisfaisante au niveau du III^{ème} ventricule comme en témoignent les contrôles à l'IRM de flux. Le contrôle endoscopique permet aussi de pénétrer à l'intérieur du kyste et d'ouvrir sa paroi inférieure dans la citerne pré-bulbaire, réalisant ainsi une ventriculo-kysto-cisternostomie.

SCROEDER (188), PAMPINI (168) et PALADINO (154) ont traité des kystes arachnoïdiens par ventriculokystostomie endoscopique par voie frontale sur des séries respectives de sept, un et six patients opérés, la mortalité et la morbidité post-opératoires étaient nulles. Ils ont alors considéré l'abord endoscopique comme étant une modalité de choix dans le traitement des kystes arachnoïdiens.

112 kystes intra-crâniens ont été suivis dans le service de Neurochirurgie de l'Hôpital Necker Enfants-Malades entre 1986 et 1996 (123). L'âge moyen des patients était de 4 ans. Ont été exclus, les kystes porencéphaliques, les méga-grandes citernes, les malformations de Dandy-Walker et les kystes tumoraux. La série comportait 27 kystes dépistés en période anté-natale et 85 kystes découverts dans l'enfance. Dans cette série, 88 des 112 kystes étaient symptomatiques (78,6 %), comportant une macrocrânie, une hypertension intra-crânienne, une épilepsie, un déficit neurologique, une altération de la conscience ou un retard psychomoteur.

La localisation des kystes était 27 fois infra-tentorielle, 85 fois supra-tentorielle et parmi ces derniers, sylvienne dans 38 cas, supra-sellaire dans 22 cas, incisurale dans 15 cas, inter-hémisphérique dans 7 cas et intra-ventriculaire dans 3 cas. Une hydrocéphalie était présente

chez 58 enfants (51,8 %), 93 patients ont été opérés. Les gestes chirurgicaux étaient répartis en 36 voies endoscopiques (26 ventriculokystostomies, 5 kystocisternostomies, 5 ventriculo-kystocisternostomies), 50 dérivations (44 kysto-péritonéales, 2 ventriculo-péritonéales, 4 sous-duro-péritonéales), 3 abords directs et 4 ponctions. Le critère de succès thérapeutique retenu était la triple association : disparition des symptômes cliniques, diminution ou stabilisation radiologique du kyste et absence d'intervention chirurgicale ultérieure.

Le traitement par endoscopie a connu un succès définitif dès la première intervention dans 22 / 36 cas (61,1 %). Toutefois, il y a eu 4 inefficacités immédiates, 2 échecs techniques et à distance, 6 obstructions secondaires (6 / 36 : 16,6%). Sur 36 patients, 11 (30, 5 %) ont été réopérés une fois et 3 (8,3 %) deux fois, soit 1,47 opérations par patient. Les complications chirurgicales et médicales de l'endoscopie s'élevaient à 4/ 36 patients (11,1%).

Le traitement par dérivation a été un succès définitif dès la première intervention dans 30/50 cas (60 %). Toutefois, il y a eu 13 problèmes mécaniques secondaires (26 %). Sur 50 patients, 13 (26 %) ont été réopérés une fois, 4 (8 %) deux fois et 3 (6 %) trois fois, soit 1,64 opérations par patient. Les complications chirurgicales et médicales des dérivations s'élevaient à 8 cas / 50 (16 %) dont 3 méningites.

Le suivi clinique à distance montre que la proportion des kystes qui redeviennent totalement asymptomatiques après traitement est légèrement plus faible pour les kystes traités par endoscopie (60 %) que par dérivation (78 %). Ce mauvais résultat relatif de l'endoscopie s'explique par la plus grande gravité des patients traités par endoscopie puisqu'ils présentent des kystes plus profonds et une incidence beaucoup plus élevée d'hydrocéphalie associée. Ce résultat de 60 % ne détruit donc en rien l'endoscopie.

L'étude de cette série montre que pour les kystes arachnoïdiens juxta-ventriculaires ou juxta-cisternaux, le traitement endoscopique est au moins aussi efficace que celui par dérivation. En faveur de l'endoscopie, plaident un taux de complications chirurgicales et médicales moindres, un taux de réopérations plus faible, l'absence de corps étranger avec iatrogénicité et la possibilité de traiter dans le même temps les hydrocéphalies par

ventriculocisternostomie restaurant ainsi une circulation physiologique du LCS. Si besoin, un deuxième geste endoscopique garde un fort taux de succès thérapeutique (77,8 %).

Au total, l'endoscopie trouve sa meilleure indication dans le traitement des kystes en contact avec une structure physiologique de circulation du LCS (ventricules ou citernes). De plus, elle permet de pratiquer une ventriculocisternostomie du III^{ème} ventricule dès qu'il existe une hydrocéphalie.

2 Les brèches ostéo-méningées :

Le traitement conventionnel extra-dural des brèches ostéo-méningées pose deux problèmes : un risque élevé de récurrence et une complication post-opératoire fréquente qui est l'anosmie. L'avantage de l'endoscopie est qu'elle permet de localiser avec précision le siège de la fistule et de la colmater, diminuant ainsi le risque de récurrence. HOSMANN (100), à propos d'une série de 18 cas traités par voie endoscopique, avance des chiffres pour le moins surprenants : 66,6% de préservation de l'odorat, 0% d'infection, 95% de guérison et une seule récurrence. Se basant sur ces chiffres, nous pensons que cette technique pourrait être intéressante dans cette pathologie.

HOSEMANN (100), rapporte 18 cas de fistules situées au niveau de l'ethmoïde et du sinus sphénoïdal, traitées endoscopiquement par greffe libre de muqueuse nasale prélevée au niveau du cornet inférieur. A l'aide de l'endoscope, il localise la fistule puis la colmate par le greffon consolidé par de la colle biologique. Le tout est maintenu par un méchage laissé en place 10 jours sous couverture antibiotique.

Sur les 18 cas, il y a eu 17 fermetures immédiates et complètes de la fistule. Le cas restant a récidivé à 6 semaines et a été traité de nouveau par la même technique. Il n'y a pas eu de complications infectieuses (méningite, abcès cérébral). 6 patients avaient une hyposmie pré-opératoire, dont 2 ont récupéré complètement et 4 sont devenus anosmiques en post-opératoire. 4 patients avaient une anosmie en pré-opératoire dont 2 ont récupéré complètement, alors que 8 patients n'avaient pas d'anosmie initialement et n'ont pas eu de déficit en post-opératoire.

3 Pathologie hypophysaire :

L'endoscopie permet l'exérèse par voie endo-narinaire de macro ou micro-adénomes, de lésions supra-sellaires, de méningiomes du tuberculum sellae, d'adénomes envahissant le sinus caverneux ou encore le traitement de méningiomes du sinus caverneux par radiochirurgie aux rayons gamma knife qui pourrait servir non seulement comme traitement adjuvant à la chirurgie des méningiomes du sinus caverneux mais aussi comme une alternative à l'exérèse chirurgicale, vu son innocuité et son efficacité même pour les tumeurs qui adhèrent à l'appareil optique.



Fig.
Diagnostic endoscopy with blue light.

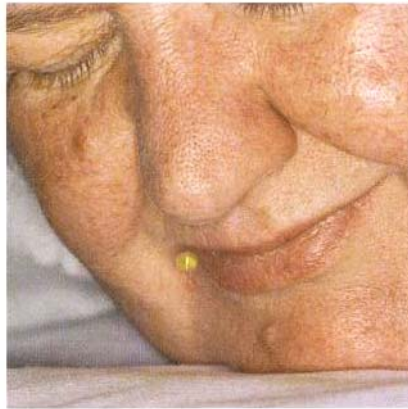


Fig.
Fluorescein marked CSF dripping from
the nose.

L'endoscopie peut même être utilisée en urgence dans le traitement des adénomes hypophysaires hémorragiques par voie trans-sphénoïdale.

XIANG ZHANG (203) a étudié rétrospectivement 65 cas d'adénomes hypophysaires hémorragiques, colligés dans l'institut Xijing de Neurosciences Cliniques entre 1995 et 2005. La majorité des patients (81,5%) présentait de façon aiguë des céphalées, une paralysie oculomotrice, une amputation du champ visuel et un hypopituitarisme. Sur le plan radiologique, 34 adénomes (52,3 %) avaient une extension supra-sellaire importante, 17 (26,2%) une extension modérée et 6 (9,2%) une légère extension supra-sellaire, 8 autres avaient une extension intrasellaire. Tous les patients ont été traités par décompression chirurgicale dans les 24 heures ayant suivi l'hospitalisation. 24 patients ont été opérés par voie microchirurgicale transsphénoïdale conventionnelle, alors que 41 patients ont été opérés par voie endoscopique *via* un abord endonasal, transsphénoïdal. L'ablation des tumeurs a été totale chez 59 patients (90,8 %) et subtotale chez 6 (9,2%). Une radiothérapie post-opératoire, des immunosuppresseurs et un traitement hormonal substitutif ont été nécessaires chez 7 patients ayant gardé des résidus tumoraux ou ayant présenté une récurrence sur une période de suivi de 49 mois. Une nette

amélioration a été notée chez la majorité des cas. L'acuité visuelle et le champ visuel se sont améliorés chez 92,7% des patients qui avaient des symptômes en pré-opératoire. La majorité des récives est survenue chez les patients avec des macroadénomes. Ainsi, avec le traitement chirurgical urgent, la plupart des patients porteurs d'un adénome hypophysaire hémorragique peuvent avoir une amélioration rapide de leurs symptômes, particulièrement les troubles de conscience et les altérations de l'acuité visuelle et du champ visuel.

a-Avantages de l'endoscopie (35, 87)

- Elle permet d'étudier les fosses nasales en pré-opératoire.
- Elle offre la possibilité d'aborder par le nez, qui est une voie naturelle, d'importantes structures, en évitant des cicatrices invalidantes et des approches destructrices.
- Elle offre un choix de la voie d'abord, tout en dépistant une déviation septale, une polypose naso-sinusienne ou des synéchies.
- Elle permet une microdissection de l'adénome, en respectant au maximum, les fonctions de la glande et une meilleure distinction entre le tissu sain et le tissu tumoral.
- En fin d'exérèse, l'endoscope permet d'inspecter la totalité de la selle turcique et de visualiser ses zones cachées : régions supra et para-sellaires, grâce à son optique de 30°. L'endoscopie permet aussi de faciliter l'exérèse des expansions tumorales vers ces régions et d'éviter au maximum la persistance d'un résidu tumoral.
- Il s'agit d'une voie directe qui conserve l'intégrité anatomique et fonctionnelle des structures vasculo-nerveuses, évite l'écartement cérébral, réduit la morbidité, raccourcit le temps opératoire et la durée d'hospitalisation si elle est réalisée par un chirurgien entraîné (10).

b-Inconvénients de l'endoscopie

- L'absence de vision tridimensionnelle et la distorsion des images (10).
 - La persistance d'un risque minime de lésion de l'artère carotide interne et du nerf optique du fait de l'étroitesse du champ visuel.
-

- Le champ opératoire doit être complètement propre car la présence de sang peut noyer les lentilles de l'endoscope et entraver la procédure.
- La technique requiert une longue période d'apprentissage : 15 à 20 procédures sont nécessaires (courbe d'apprentissage) (10).

4 Pathologie de l'angle ponto-cérébelleux :

a-Résultats :

MAGNAN (130) a comparé deux méthodes pour le traitement du neurinome de l'acoustique. L'une utilisant le microscope opératoire seul et l'autre faisant appel à l'endoscopie.

**Tableau 2 : Comparaison entre le traitement microchirurgical
et le traitement endoscopique du neurinome de l'acoustique (130).**

	Patients traités par microscope	Patients traités par endoscope
Nombre de cas	21	21
Nombre de patients ayant conservé l'audition	6 (30 %)	13 (60 %)

60 % des patients traités par endoscope ont conservé leur audition contre 30 % seulement de ceux traités par microscope seul.

L'endoscope permet une bonne visualisation du neurinome avec toutes ses faces, son ablation, ainsi que la vérification de la vacuité du conduit auditif interne. Ainsi sont identifiés :

- les artères cérébelleuses
 - le pôle interne du neurinome et du paquet acoustico-facial à son émergence du sillon bulbo-protubérantiel.
 - le nerf facial, caché et protégé par le nerf acoustique
-

– le nerf trijumeau à l'arrière-plan du champ opératoire

NEBIL GOKSU (78) a publié une série de 32 patients opérés pour un neurinome de l'acoustique par une approche rétrosigmoidienne, rétrolabyrinthique combinée, comme a été décrit par SILVERSTEIN en 1989.

L'endoscope a été utilisé dans plusieurs étapes : inspection, étude des rapports vasculo-nerveux, complément de résection en cas de tumeur résiduelle au niveau du conduit auditif interne, vérification de l'intégrité du nerf facial et du nerf auditif. Tous les patients se plaignaient d'une surdité, 31 patients se plaignaient d'acouphènes (96,9 %), 10 de vertiges (31, 3 %) et 8 d'un nystagmus horizonto-rotatoire (25 %). Des 32 patients, 8 ont subi une résection endoscopique du neurinome. En post-opératoire, il y a eu une parésie faciale de grade I chez tous les patients, de grade II chez 6 patients, de grade III chez 2 patients et de grade IV chez un patient. Pour les cas n'ayant pas subi de résection endoscopique, l'audition n'a pas été préservée excepté chez un patient malgré la vérification de l'intégrité du nerf auditif à la fin de l'intervention.

Avec l'intervention endoscopique, l'audition a été préservée seulement chez 4 patients malgré la confirmation endoscopique de l'intégrité du nerf auditif à la fin de l'intervention.

Dans la chirurgie des conflits vasculo-nerveux, l'identification du conflit n'est pas toujours facile, et peut nécessiter une dissection et une rétraction supplémentaires.

Dans ces cas, l'endoscope présente un avantage certain : il va explorer la région après une dissection minime. Il suffit de le glisser entre le cervelet et le rocher ce qui permet souvent d'identifier un conflit masqué à la vue du microscope, ceci sans rétraction du cervelet ni vidange complète de la citerne (78).

PHILLIP. A (156) a publié une étude prospective de 128 patients ayant subi une résection microchirurgicale d'un neurinome de l'acoustique avec aussi une endoscopie adjuvante incorporée dans la procédure chirurgicale. L'abord rétrosigmoidien a été réalisé chez 108 patients, la voie translabyrinthique a été entreprise chez 17 patients et l'abord par la fosse crânienne moyenne dans 3 cas.

Pour tous ces patients, l'endoscopie a permis d'avoir une meilleure vision et des informations anatomiques supplémentaires concernant l'intégrité nerveuse. Chez 19 patients, une tumeur résiduelle a été identifiée endoscopiquement dans le fundus du canal auditif interne, ces 19 patients avaient subi la voie rétrosigmoïdienne (sous-occipitale) et à l'aide d'un endoscope orienté à 30° ou 45°, la tumeur résiduelle a été extirpée chez eux.

Dans 51 cas, des cavités aériennes, qui n'ont pas été visualisées par le microscope durant l'abord rétromastoidien, ont été identifiées endoscopiquement. Dans un cas d'abord translabyrinthique, l'endoscope a permis d'identifier des cavités aériennes non visualisées par le microscope. Ces cellules ont été obstruées une à une à l'aide de la cire à os. Un des 111 patients (0,9%) ayant subi l'opération par voie rétrosigmoïdienne et fosse cérébrale moyenne a développé une liquorrhée, qui a été résolue cinq jours après une ponction lombaire et le repos. Deux autres patients ayant subi la voie translabyrinthique ont développé aussi une liquorrhée à J1 post-opératoire, dont un a continué à avoir des liquorrhées récidivantes 14 mois après l'opération malgré le retrait de 8 à 10 ml / h de LCS pendant les 4 à 5 jours post-opératoires, il a été retrouvé chez lui une atrophie de la graisse abdominale qui avait servi de greffon lors de l'opération.

5 La pathologie rachidienne :

L'endoscopie occupe une place de plus en plus prépondérante dans le traitement de la pathologie rachidienne, et se voit le spectre de ses indications s'élargir progressivement. La thoracoscopie regroupe les avantages de l'abord antérieur direct de la thoracotomie ainsi que les avantages du caractère minimal invasif de l'endoscopie, avec comme résultat une réduction de la morbidité péri-opératoire liée à la voie d'abord.

La thoracoscopie est indiquée dans les hernies discales dorsales en situation médiane, les métastases rachidiennes quoique limitée par le caractère hémorragique et le risque potentiel de dissémination de celles-ci, les tumeurs para-vertébrales, la reconstitution et la stabilisation vertébrales pour des lésions antérieures, les ostéomes ostéoides et l'hyperhydrose palmo-plantaire pour sympathectomie.

La localisation foraminale d'une hernie discale lombaire comporte toujours une note de gravité et de difficulté chirurgicale, et ce, d'autant plus que les résultats que l'on trouve dans la littérature sont moins bons que ceux d'une hernie discale intra-canalair (49). L'endoscope apporte une bonne visualisation de la racine dans le foramen et permet donc d'être sûr que la hernie a bien été enlevée et que la racine est libre, contrairement aux autres techniques où la racine n'est jamais exposée en totalité, sauf après résection complète du massif articulaire (62). Les discussions sur la voie d'abord ne se posent plus, dans la mesure où le nerf peut être exposé en totalité. De même, l'absence de vision stéréoscopique est largement compensée par la largeur du champ de vision. De plus, l'abord postérieur permet de rester au contact de l'os, d'avoir en permanence des repères topographiques et donc de toujours connaître sa situation dans l'espace, contrairement aux voies d'abord trans-musculaires. Cette sécurité dans l'abord et l'excellente exposition du nerf sont des éléments rassurants et rapprochent ainsi les hernies foraminales des hernies intra-canalaires.

J. DESTANDAU (49) a évalué l'intérêt de l'endoscopie dans la chirurgie des hernies discals foraminales par une étude prospective menée d'Avril 1999 à Mars 2002 chez 191 patients consécutifs opérés endoscopiquement de hernie discale foraminale. La moyenne d'âge de cette série de 191 patients était de 55 ans (extrêmes : 23-88 ans). Il y avait 133 hommes (70 %) pour 58 femmes. La radiculalgie était du côté gauche chez 111 patients (58 %) et du côté droit chez 80 patients. La hernie siégeait au niveau L2-L3 dans 17 cas (9 %), au niveau L3-L4 dans 47 cas (25 %), au niveau L4-L5 dans 98 cas (51 %), et au niveau L5-S1 dans 29 cas (15 %). Dans la quasi-totalité des cas, la hernie était sous-ligamentaire migrée vers le haut, comprimant la région du ganglion rachidien contre la face inférieure du pédicule. Dans 171 cas (90 %), aucune discectomie complémentaire n'a été faite. 83 patients avaient des troubles moteurs (49 %), 112 des troubles sensitifs (59 %) et 116 des troubles réflexes (61 %). Le massif articulaire a été réséqué totalement 10 fois en L5-S1. Dans 83 % des cas, le scanner seul a suffi pour prendre la décision chirurgicale.

Les résultats ont été évalués en utilisant les critères de Prolo (165) (Tableau 3) qui évaluent l'état économique (de 1 à 5) et fonctionnel (de 1 à 5) du patient. Les deux nombres sont

additionnés, et le résultat donne le score de Prolo. Le résultat est jugé excellent lorsque le score de Prolo est à 9 ou 10, bon à 7 ou 8, moyen à 5 ou 6 et mauvais en dessous de 5.

TABLEAU 3 : Score socio-économique de Prolo.

Etat économique

E1	Invalide
E2	Aucune occupation rétribuée, y compris les activités domestiques
E3	Reclassement professionnel
E4	Travail antérieur mais à temps partiel ou avec limitations
E5	Travail antérieur sans restriction

Etat fonctionnel

F1	Incapacité totale
F2	Douleur lombaire ou sciatique légère à moyenne
F3	Douleur légère permettant toutes les activités sauf le sport
F4	Pas de douleur mais a eu au moins un épisode douloureux lombaire ou sciatique
F5	Récupération complète sans épisode douloureux. Reprise de toutes les activités sportives antérieures.

144 des 191 patients opérés ont renvoyé leur questionnaire (75 %). Le résultat était excellent dans 130 cas (90 %), bon dans 1 cas (0,7 %) et mauvais dans 13 cas (9 %). Les complications rencontrées ont été : une spondylodiscite aseptique, l'abord de deux étages à la suite d'un mauvais repérage dans 2 cas, une brèche durale, 3 lésions partielles de la racine, 4

ré-interventions pour une nouvelle hernie dont une seule au même niveau et du même côté. Des 80 personnes qui travaillaient avant l'opération et qui ont répondu au questionnaire, 77 ont repris leur travail avec un délai moyen de 3 semaines, deux n'ont pas repris et un a repris à temps partiel. 140 patients se sont déclarés globalement satisfaits de l'intervention et de la prise en charge (97 %) et 141 bien informés (98 %).

Dans notre série de 10 cas de hernies discales lombaires opérés par voie endoscopique, l'amélioration clinique de la douleur sciatique a été notée chez tous les patients cependant, nous n'avons pas eu recours au score socio-économique de Prolo pour évaluer le post-opératoire tardif de nos patients durant leur période de suivi qui demeure courte vu l'introduction tout à fait récente de la technique endoscopique au service de Neurochirurgie du CHU Mohamed VI de Marrakech. Cependant, le suivi à court terme de nos patients à travers les consultations note une reprise précoce de leurs activités quotidiennes.

Le non recours au score de Prolo dans notre série ne permet pas de nuancer nos résultats en excellents, bons, moyens et mauvais et les rend subjectifs puisqu'ils se basent essentiellement sur l'anamnèse pour évaluer l'état fonctionnel et économique de nos patients.

CISTAC.C et BONNAUD.P (37) rapportent une expérience de 59 patients ayant bénéficié d'une discectomie lombaire endoscopique pour leur sciatique par hernie discale. 7 patients ont nécessité une conversion pour saignement et mauvaise visualisation. De ce fait, 52 patients ont subi une discectomie endoscopique, dont 17 femmes et 35 hommes, d'un âge moyen de 41 ans (23 à 70 ans), souffrant de radiculalgie résistant au traitement médical prolongé, en rapport avec une hernie discale à l'étage L3-L4 (3), L4-L5 (15), L5-S1 (34), droite chez 23 patients et gauche chez 29, 4 fois de siège extra-foraminal. Ils ont été évalués avec le questionnaire de Prolo, adressé par courrier. Le temps opératoire moyen était de 48 minutes (25 à 80 minutes), la durée d'hospitalisation moyenne était de 3,6 jours (2 à 7 jours). Les résultats étaient très bons chez 25 patients, bons chez 14, moyens chez 10 et mauvais chez 3, soit 75% de bons et de très bons résultats, alors que DESTANDAU a trouvé 90% d'excellents résultats. Un recueil systématique des EVA post-opératoires a été effectué et les douleurs post-opératoires semblaient moins importantes. L'élément notable était incontestablement la diminution de la consommation de

morphine. Ceci semble confirmé par la publication de BLAMOUTIER (21), concernant la technique de Metrix, et non celle de DESTANDAU. Cette publication, avec la limite de n'être ni prospective ni randomisée, mettait en évidence une différence très significative de consommation d'antalgiques en post-opératoire dans le groupe de l'endoscopie, $p < 0,01$ sur 156 patients.

Rappelons que notre description de la procédure endoscopique dans la discectomie lombaire a porté uniquement sur la technique de J.DESTANDAU et qu'il existe une deuxième technique développée par FOLEY (70) : la technique Metrix ou MED.

Il faut insister sur la variabilité des résultats du taux de succès entre les séries de la littérature vu l'absence d'uniformité dans l'évaluation, voire même la variabilité au sein d'une même série comme en atteste les études de HOWE (102) et KORRES (122) publiées dans Spine, qui montrent qu'une même série de patients pouvait varier de 62 à 84% ou de 70 à 97% de bons résultats selon le questionnaire utilisé.

L'ensemble des études tendent à confirmer que le résultat à long terme n'est pas meilleur, mais que les suites immédiates sont meilleures et la reprise des activités est précoce. On peut affirmer que le gain sur la qualité des suites immédiates justifie certainement l'effort de la courbe d'apprentissage de la technique endoscopique.

HOVORKA (101) a adopté la technique de J.DESTANDAU depuis Juin 1998 et rapporte son expérience chez 61 patients (38 hommes et 23 femmes) de Juin 1998 à Juillet 2001. L'âge moyen des patients était de 42 ans (24-78 ans). 15 patients présentaient une sténose du canal rachidien associée. Une rééducation accélérée a été menée systématiquement avec autorisation immédiate de la position assise et de la conduction des véhicules.

Le temps opératoire moyen était de 52 minutes, la durée moyenne d'hospitalisation de 3,2 jours (24 heures à 10 jours). 59 patients ont été revus, 2 ont été perdus de vue. Le recul moyen était de 12 mois (de 3 à 27 mois). Parmi ces 59 patients :

- 44 n'avaient pas de canal lombaire étroit : ils ont été évalués par le score de WADDELL, avec un excellent résultat chez 30 patients (68 %), un bon résultat chez 9 (20,4 %), un résultat moyen chez 2 (4,5 %) et un mauvais résultat chez 3 (6,8 %).

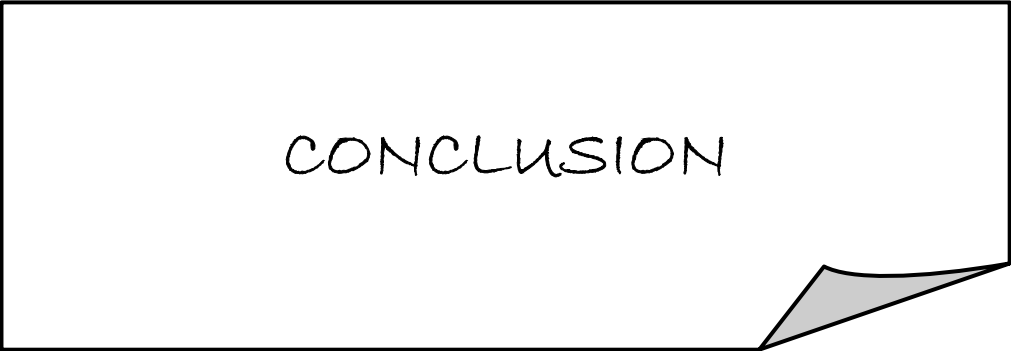
– 15 patients avaient un canal lombaire étroit : 3 d'entre eux ont été réopérés pour décompression élargie, sans récidence ou hématome et un a été repris pour infection profonde. Concernant les 11 autres patients, le score de WADDELL était de 6 excellents, 3 bons, un moyen et un mauvais résultat.

Encore une fois, nous remarquons la disparité des taux de réussite de la technique endoscopique en fonction des scores utilisés pour évaluer les patients en post-opératoire.

RYANG.YM (176) a mené une étude prospective, randomisée, afin de comparer l'efficacité, l'innocuité et l'évolution de la discectomie par microchirurgie standard à ciel ouvert avec la discectomie microchirurgicale utilisant un trocart de 11,5 mm pour un accès minimal au rachis, dans le traitement des hernies discales lombaires. Cette étude a porté sur 60 patients, randomisés en deux groupes de 30 patients chacun. Le premier groupe a été traité par discectomie microchirurgicale standard à ciel ouvert et le deuxième groupe par discectomie microchirurgicale mini-invasive. Les paramètres péri-opératoires ainsi que les signes pré et post-opératoires incluant les déficits sensitifs ou moteurs et la douleur selon l'EVA, les scores d'Oswestry Disability Index (ODI) et le Short Form-36 ont été déterminés. Tous les patients ont été suivis pendant 6 mois du post-opératoire. Les résultats ont été comme suit : En pré-opératoire, il n'y avait pas de différences statistiquement significatives entre les deux groupes, permettant ainsi leur comparabilité. En post-opératoire, une amélioration significative des signes neurologiques et de la douleur mesurée par l'EVA, l'ODI et le Short Form-36 a été obtenue chez les deux groupes. Concernant la durée de l'opération, le saignement per-opératoire et le taux de complications, des résultats légèrement meilleurs ont été observés dans le groupe ayant bénéficié de la discectomie microchirurgicale par voie mini-invasive. Il s'avère là encore que l'accès minimal à l'aide de trocarts est une alternative sûre des voies d'abord standards du rachis.

D'un autre côté, CHAO.Z (36) s'est intéressé aux variations plasmatiques des taux de l'interleukine-6 (IL-6), de la C-Réactive Protéine (CRP) et de la Créatine Kinase (CK) chez des patients ayant subi une discectomie microendoscopique et une discectomie ouverte, afin de prouver le caractère non traumatique de la première. 44 patients ayant une hernie discale

lombaire à un seul niveau ont été traités par discectomie microendoscopique (Groupe A, n=22) ou par discectomie ouverte (Groupe B, n=22). Des prélèvements sanguins veineux périphériques ont été réalisés avant la chirurgie et aux 24^e et 48^e heures post-opératoires. La douleur occasionnée par l'incision a été évaluée par l'EVA après l'opération et l'évolution clinique par l'Oswestry Disability Index (ODI). Une comparaison statistique a été réalisée par l'analyse des variations. Les résultats ont montré que les patients du groupe A avaient moins de douleur post-opératoire au niveau de l'incision que les patients du groupe B. Les taux sériques de l'IL-6 (moyenne : 31,60 ng/l +/- 9,88 ng/l versus 39,16 ng/l +/- 11,14 ng/l, $p < 0,05$) et de CK (moyenne : 167,91 U/l +/- 51,85 U/l versus 401,55 U/l +/- 108,86 U/l, $p < 0,05$) ont atteint leur pic à la 24^{ème} heure après l'opération avec une réponse statistiquement moindre dans le groupe A que dans le groupe B. Le taux sérique de la CRP a atteint son pic dans les 24 heures, dans le groupe A (moyenne : 12,68 mg/l +/- 7,10 mg/l versus 20,82 mg/l +/- 8,79 mg/l, $p < 0,05$) et dans les 48 heures après la chirurgie dans le groupe B (moyenne 10,77 mg/l +/- 5,25 mg/l versus 29,95 mg/l +/- 14,85 mg/l, $p < 0,05$). On en conclut que la moindre variation des taux de l'IL-6, de la CRP et de la CK après l'opération prouve que la discectomie microendoscopique est moins traumatique pour les patients que la discectomie ouverte. Ceci est vrai d'autant plus que la technique endoscopique permet un meilleur contrôle de l'hémostase musculaire, ce qui réduit la douleur post-opératoire et offre un confort indéniable aux patients.



CONCLUSION

L'endoscopie cérébrale, sorte de voyage au centre du cerveau, dont on ramène des images aquatiques d'une beauté insolite, a gagné éminemment sa place dans la palette thérapeutique du neurochirurgien. En naviguant dans les cavités cérébrales, l'endoscopie s'intéresse *ipso facto* aux désordres de ces cavités au premier rang desquels figure l'hydrocéphalie obstructive. Le principal mérite de l'endoscopie, par ses développements actuels, est d'étendre les indications de la ventriculocisternostomie dans le traitement de l'hydrocéphalie obstructive, l'obstacle à l'écoulement du LCS pouvant se situer depuis la partie postérieure du VIII jusqu'au foramen de Magendie.

On peut désormais éviter la mise en place d'un système de dérivation du LCS avec ses complications potentielles dans environ 20 % des cas d'hydrocéphalie, ce qui constitue un réel progrès. Il est en effet de moins en moins acceptable de mettre en place une valve pour traiter une hydrocéphalie par sténose de l'aqueduc de Sylvius.

L'endoscopie a également prouvé son efficacité dans le traitement des kystes arachnoïdiens (7 % des indications), des kystes colloïdes (13 % des indications), la réalisation de biopsies tumorales, l'évacuation d'hématomes intra-crâniens, le guidage du placement ou de l'ablation des cathéters ventriculaires ainsi que l'abord de l'angle ponto-cérébelleux, sans oublier la pathologie hypophysaire et rachidienne.

De ces indications, découle la nécessité de la conception d'une nouvelle neuroanatomie : la neuroanatomie endoscopique. Celle-ci doit être, d'une part, tridimensionnelle pour les repérages per-opératoires, et d'autre part, dynamique, c'est-à-dire en condition opératoire.

Cette technique efficace et efficiente offre plusieurs avantages notamment l'abord minimal invasif, ce qui justifie amplement l'effort de la courbe d'apprentissage.

Le coût de l'équipement endoscopique est certainement compensé par un raccourcissement de la durée de séjour dans les unités de soins intensifs, du séjour global en milieu hospitalier et par une moindre consommation d'antalgiques. Par ailleurs, la bonne évolution post-opératoire fera de l'endoscopie une technique de plus en plus exigée par les patients.

Dans le futur proche, des progrès sont attendus en matière d'instruments endoscopiques notamment l'amélioration de la vision par le développement de caméras vidéo à haute résolution et d'endoscopes permettant une vision tridimensionnelle (33).



RESUMES

RESUME

En neurochirurgie, l'évolution des idées a abouti à un concept selon lequel le geste chirurgical doit être le moins invasif possible : *MIN (Minimal Invasive Neurosurgery)*, comprenant la neuroendoscopie et la chirurgie stéréotaxique. Bien que la neuroendoscopie soit connue depuis les débuts du 20^{ème} siècle, ce n'est que lors de ces vingt dernières années qu'elle a connu un regain d'intérêt avec la miniaturisation des instruments et le progrès technique. L'indication principale de la neuroendoscopie est la ventriculocisternostomie (VCS) pour le traitement des hydrocéphalies obstructives, plus spécialement dans les sténoses de l'aqueduc de Sylvius qu'elles soient congénitales ou tumorales. La VCS peut être proposée chaque fois que l'obstacle est situé dans la partie postérieure du troisième ventricule (VIII), au niveau de la région pinéale, de l'aqueduc de Sylvius, du quatrième ventricule ou du foramen de Magendie. La VCS constitue une dérivation interne naturelle du Liquide Céphalo-Spinal (LCS) ; elle consiste à faire communiquer les cavités ventriculaires avec la citerne sous-arachnoïdienne pré-pédonculaire en réalisant une perforation de la partie antérieure du plancher du VIII. L'IRM de flux contribue aux indications de la VCS et à la surveillance de son efficacité dans le temps. Ceci grâce aux séquences analysant la cinétique de flux du LCS. La neuroendoscopie trouve son indication aussi dans le traitement des kystes colloïdes. Elle permet un contrôle visuel du kyste, une coagulation large de sa paroi et l'aspiration de son contenu de manière plus complète que par un procédé de stéréotaxie. Le kyste arachnoïdien se prête idéalement au traitement endoscopique qui fournit des résultats similaires voire meilleurs que le traitement microchirurgical. L'endoscopie peut également être utilisée dans le placement et l'ablation d'un cathéter ventriculaire, les hématomes intracrâniens ou dans la pathologie de l'angle ponto-cérébelleux. L'approche endoscopique des lésions pituitaires permet une excellente vision panoramique du sinus sphénoïdal et de la selle turcique. La discectomie lombaire endoscopique et la thoracoscopie apportent tous les avantages de la chirurgie mini-invasive, justifiant ainsi l'effort de la courbe

d'apprentissage. Actuellement, une nouvelle endoscopie est en train de naître : l'endoscopie numérique. Elle utilise une nouvelle génération de caméra couleur située à l'extrémité distale de l'endoscope, associée à un traitement numérique des données. Ceci va entraîner une amélioration des performances en terme de rapidité et de résolution .

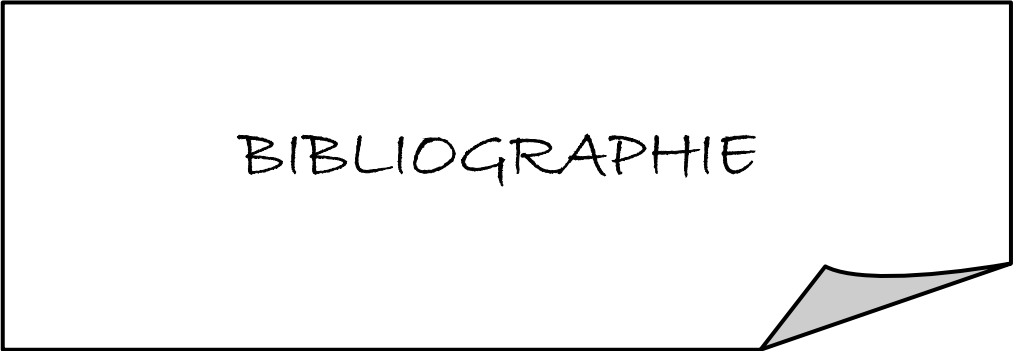
ABSTRACT

In neurosurgery, there is a tendency to use the less invasive method : Minimal Invasive Neurosurgery (MIN), which includes the neuroendoscopy and stereotactic surgery. Although the neuroendoscopy has been known since the beginnings of the 20th century, it had appealed again neurosurgeons only these last twenty years, specially with the miniaturisation of the instruments and technical progress. The main indication of the neuroendoscopy is the ventriculocisternostomy (VCS), for treatment of obstructive hydrocephalus, specially in aqueductal stenosis, congenital or tumoral one. We can recommend the VCS once the obstacle is localized in the posterior part of the third ventricle, on the level of the pineal region, of the aqueduct of Sylvius, of the fourth ventricle or Magendie foramen. The VCS represents a natural internal derivation of cephalo-spinal fluid. It consists in associating the ventricular cavities to the under arachnoid prepontine cistern, based on the practice of a perforation of the anterior part of the third ventricle floor. The resonance magnetic imaging of the flow contributes to the indications of VCS and to the supervision of its effectiveness in the time. This is based on the sequences that analyse the kinetics of the cerebro-spinal fluid flow. The neuroendoscopy is also indicated in colloid cysts. It permits a visual control of the cyst, a large coagulation of its wall and the aspiration of its contents more completely than a stereotactic process. The arachnoid cyst provides excellent conditions for the application of the endoscope, which produces similar results, nay better than microsurgical treatment. The endoscopy can also be used in placing and withdrawal of ventricular catheters, in treatment of intracranial hematomas or ponto-cerebellar corner's pathologies. The endoscopic approach to pituitary lesions provides an excellent panoramic view in the depth of the sphenoid sinus and sella. The endoscopic lumbar discectomy and the thoracoscopy provide all advantages of mini-invasive surgery and justify the learn curve effort. At the present time, a new endoscopy is appearing: the numerical endoscopy. It uses a new generation of colour camera placed in the distal extremity of the endoscope, associated to a numerical treatment of data. This will improve the resolution and the rapidity

ملخص

في جراحة الدماغ و الأعصاب، أدى تطور الأفكار إلى ظهور تصور يقضي بضرورة أن تتم العملية الجراحية بطرق باضعة أقل. و من ثم ظهر التنظير الداخلي العصبي. رغم أن هذه التقنية كانت معروفة منذ بداية القرن العشرين، فإنها لم تحض باهتمام أكثر إلا خلال العشرين سنة الأخيرة، بفعل تقليص حجم أدوات التنظير الداخلي و التقدم التقني الحاصل. تتمثل التعليمات الأساسية للتنظير الداخلي العصبي في وصل البطين الدماغى بالصهريج لعلاج استسقاء الرأس الانسدادي، خاصة ذلك الذي ينجم عن انسداد قناة سلفيوس، هذا الانسداد يمكن أن يكون خلقيا أو ناتجا عن ورم. يمكن اقتراح وصل البطين الدماغى بالصهريج عندما يكون الحاجز متموضعا بالجزء الخلفى للبطين الثالث أو على مستوى المنطقة الصنوبرية أو على مستوى قناة سلفيوس أو البطين الرابع أو ثقب ماجندي. إن وصل البطين الدماغى بالصهريج يشكل اشتقاقا داخلى و طبيعيا للسائل الدماغى الشوكى، و يتمثل في وضع تواصل بين الأجواف البطينية و بين صهريج تحت العنكبوتية قبل السويقة محدثا بذلك ثقبا بالجزء الأمامى لأرضية البطين الثالث. إن التصوير بالرنين المغناطيسى لحالة الجريان يساهم في دواعي القيام بوصل البطين الدماغى بالصهريج و مراقبة فعالية في حينه بفضل متواليات محللة لحركة جريان السائل الدماغى الشوكى.

هناك تعليمات أخرى لاستعمال التنظير الداخلي العصبي و هي علاج الأكياس الغروانية حيث يمكن التنظير من التحكم في الرؤية، و كي جدار الكيس و إزالة محتواه بطريقة أكثر نجاعة. ويشكل الكيس العنكبوتي تعليمات مثالية للعلاج بالتنظير الداخلي العصبي الذي يمنح نتائج مماثلة للجراحة المجهرية بل أحسن منها. يمكن أن يستعمل التنظير الداخلي العصبي أيضا في وضع أو سحب قنطار بطيني، في علاج الأورام الدموية أو أمراض زاوية باب المخيخ. إن مقارنة الآفات النخامية عن طريق التنظير الداخلي تمنح رؤية جيدة للجيب الوتيدى و للسرغ التركي. إن علاج فتق القرص القطني و آفات العمود الفقري الظهرى عن طريق التنظير الداخلى يمنح كل مزايا الجراحة غير الباضعة، مما يبرر بذل الجهد في تعلم هذه التقنية. حاليا، هناك طريقة جديدة في التنظير الداخلى في طور الظهور: إنه التنظير الرقمى الذي يستعمل جيلا جديدا من كاميرات بالألوان مثبتة على الجزء النهائى للمنظار، معززة بمعالجة رقمية للمعطيات. و هذا من شأنه أن يحسن من سرعة الأداء و جودة الصورة.



BIBLIOGRAPHIE

1-ABDOU. S, COHEN. A. R.

Endoscopic treatment of colloid cysts of the third ventricle : technical note and revue of literature.

J. Neurosurgery, 1998, 89, 6 : 1062-1068.

2-ABERNATHEY. D, DAVIS. D. H, KELLY. P. J.

Treatment of colloid cyst of the third ventricle by stereotactic microsurgery.

J. Neurosurgery, 1989, 70 : 525-529.

3-ADAM. I. LEWIS, KERRY. R CRONE

Endoscopic Management of Loculated Hydrocephalus.

Minimally Invasive Techniques in Neurosurgery ().

4-AGHAKHANI. N, PARKER. F, IFFENECKER. C, TADIE. M.

Ventriculocisternostomie endoscopique : traitement de choix des hydrocéphalies obstructives.

La Lettre du Neurologue- n° 6 - Volume III, Décembre 1999, 345-349.

5-AGRAWAL. A, TIMOTHY. J, CINCU. R, AGRAWAL. T, WAGHMARE. LB.

Bradycardia in neurosurgery.

Clin Neurol Neurosurg. 2008 Apr ; 110 (4) : 321-7. Epub 2008 Mar 7.

6-AGUAS-VALIENTE, FERRER. E

Advantages of neuroendoscopy in the management of non communicating hydrocephalus.

Rev Neurol 1999 ; 1-15, 29 (3) : 193-7.

7-ALFIERI. A, JHO.HD.

Endoscopic endonasal cavernous sinus surgery : an anatomic study.

Neurosurgery 2001 ; 48 :827-837.

8-ALFIERI. A, JHO. HD, TSCHABITSCHER.M.

Endoscopic endonasal approach to the ventral cranio-cervical junction.

Acta Neuroch 2002 ; 144 : 219-225.

9-ALFIERI. A, JHO. HD, SCHETTINO. R, TSCHABITSCHER. M.

Endoscopic endonasal approach to the pterygopalatine fossa : surgical anatomy.

Neurosurgery 2003; 52 : 374-380.

10-ALFIERI. A, MOREAU. J J.

Abord endoscopique endonasal de la base du crâne.

Neurochirurgie 2003, 49, n°4, 457-458.

11-ANANDH. B, MADHUSUDAN REDDY. KR, MOHANTY. A, UMAMAHESWARA RAO. GS, CHANDRA MOULI. BA.

Intraoperative bradycardia and postoperative hyperkalemia in patients undergoing endoscopic third ventriculostomy.

Minim Invasive Neurosurg 2002, Sept ; 45 (3) : 154-7.

12-ANTUNES. J.L, LOUIS. KH, GANTI. SR.

Colloid cysts of the third ventricle.

Neurosurg, 1980, 7 : 450-455.

13-ANZAI. K, KAMIYAMA. K, SASAKI. T, NAKAMURA. H.

Endoscopic evacuation of intraventricular hematoma and third ventriculostomy.

No Shinkei Geka 2000 ; 28 :599-605.

14-APPUZO. M. L. J, HEIFETZ M.D, WEISS M.H, KURZE. T.

Neurosurgical endoscopy using a side viewing telescope, technical note.

J. Neurosurg 1977 ; 46, 398-400.

15-ASSAKER. R, FROMENT. G, REYNS. N, LOUIS. E.

La chirurgie vidéo-assistée du rachis thoracique : considérations techniques, avantages et inconvénients, à propos de 29 cas.

Neurochir 2001 ; 47, 2-3, 93-104.

16-AUER. LM

Ultrasound stereotactic endoscopy in neurosurgery.

Acta-Neurochir-suppl (wien) 1992 ; 54, 34-41.

17-AUER. L. M.

Intraoperative ultrasound as guide for neurosurgical endoscopic procedures.

Acta. Radiol. Suppl (Stockholm), 1986, 369 : 164-166.

18-AUER L. M, DEINSBERGER. W, NIEDERKORN. K.

Endoscopic surgery versus medical for spontaneous intracerebral haematoma : a Randomized study.

J. Neurosurg 1989 ; 70, 530-535.

19-BARLOW. P, CHING. H. S.

An economic argument in favour of endoscopic third ventriculostomy as a treatment for obstructive hydrocephalus.

Minimal Invasive Neurosurg 1997 ; 40, 2 : 37-39.

20-BARRET. A.

Sympathectomie thoracique.

Encycl. Méd. Chir. (Paris, France), Techniques chirurgicales.

Chirurgie vasculaire, Sept. 1988 43029 U, 8p.

21-BLAMOUTIER. A.

Lombosciatique par hernie discale : comparaison entre méthode endoscopique et à ciel ouvert.

Journées du Rachis de Paris 2001, Sauramps, 2001, 395-398.

22-BOUCETTA. M

Eléments pratiques de neuroanatomie.

2ème édition 1994.

23-BOUCHET. A, CUILLERET. J.

Anatomie topographique, descriptive et fonctionnelle du système nerveux central.

2ème édition, SIMEP, VILLEUR BANNE, 1982.

24-BRASIL. A. V. B, SCHNEIDER. F. L.

Anatomy of Liliequist membrane

Neurosurg., 1993, 32, 6 .

25-BRET. J, BENES. V.

Diagnostic-therapeutic ventriculocistostomy.

Childs. Nerve. Syst, 1987, 3 : 178-179.

26-BUCHOLZ. R. D, PITTMAN M. D.

Endoscopic coagulation of the choroïd plexus using the Nd-Yag laser. Initial experience and proposal for management.

Neurosurg 1991 ; 28 (3) : 421-427.

27-BURDMAN. M. S.

Myeloscopy or the direct visualisation of spinal canal and its contents.

J. Bone Joint Surg 1931 ; 13, 695-696.

28-BUXTON. N, VLOBERGHS. M, PUNT. J.

Liliequist' s membrane in minimally invasive endoscopic neurosurgery.

Clin. Anat, 1998, 11, 3 :187-190.

29-BYRNE. J, WALSH. T. N, HEDERMAN W. P.

Endoscopic transthoracic electrocautery of the sympathetic chain for palmar and axillary hyperhydrosis.

Br. J. Surg, Sept 1990 Vol. 77, N° 9, p 1047-1049.

30-CABELL. K. L, ROSS. D. A.

Stereotactic microsurgical craniotomy for the treatment of third ventricular colloid cysts.

Neurosurg, 1996, 38 : 301-307.

31-CAEMART. J, ABDULLAH. J, CALLIAUW. L, CARTON. D, DHOOGHE. C, VANCOSTER. R.

Endoscopic treatment of suprasellar arachnoid cysts.

Acta. Neurochir (Wien), 1992, 119, 1-4 :68-73.

32-CAMACHO. A, ABERNATHEY. C. D, KELLY. P. J, LAWS. E. R.

Colloid cysts : experience with the management of 84 cases since the introduction of computed tomography.

Neurosurg, 1989, 24 : 693-700.

33-CAPPABIANCA. P, DECQ. P, HENRY. WS. SCHROEDER.

Future of endoscopy in Neurosurgery. Editorial.

Surgical Neurology 67 (2007) 496-498.

34-CAPPABIANCA. P, CAVALLO. L. M, MARINIELLO. G, DE DIVITIIS. O, DEL CARMEN BECERRA ROMERO. A, DE DIVITIIS. E.

Easy Sellar Reconstruction in Endoscopic Endonasal Trans sphenoidal Surgery With Polyester-Silicone Dural Substitute and Fibrin Glue : Technical note.

Neurosurgery, Vol. 49, N° 2, August 2001.

35-CAPPABIANCA. P, M. D. Prof DE DIVITIIS. E, M. D.

Department of Neurological Sciences, Neurosurgical Clinic. University Federico II, Naples, Italy.

Endoscopic pituitary surgery.

Anatomy and Surgery of the Trans sphenoidal Approach to the sellar Region.

2001. Endo-Press, Tuttlingen, Germany.

36-CHAO. Z, YUE. Z, TONG-WEI. C, JIAN. W, YONG. H, YONG. P.

Microendoscopic discectomy, a less traumatic procedure for lumbar disk herniation.

Clin J Traumatol. 2007 Oct ; 10 (5) : 311-4.

37-CISTAC. C

Discectomie lombaire endoscopique, mémoire pour le D.U de chirurgie laparoscopique.

Université Bordeaux 2, Victor Segalen, Juin 1999.

38-COHEN. A. R.

Endoscopic laser third ventriculostomy.

The new England journal of medicine, 1993, 25 : 552-553.

39-COHEN. A. R, PERNECZKY. A, RODZIEWICS. G. S, GINGOLD. S. I.

Endoscope-assisted craniotomy : approach to the rostral brain stem.

Neurosurg, 1995, 36, 6 : 1128-1130.

40-COHEN. A. R, SHUCART. W. A.

Ventriculoscopic management of colloid cysts of the third ventricle.

Neuroendoscopy, 1992, 1 :109-117.

41-COULBOIS. S, BOCH. A-L, PHILIPPON. J.

Diabète insipide après ventriculocisternostomie par voie endoscopique : à propos d'un cas et revue de la littérature.

Neurochirurgie, 2001, 47, n°4, 435-438.

42-DANDY. W. E.

Diagnostic and treatment of structures of aqueduct of Sylvius (causing hydrocephalus).

Arch Surg 1945, 51 : 1-14.

43-DANDY. W. E, BLACKFAN. K. D.

An experimental and clinical study of internal hydrocephalus.

JAMA 1913 ; 61 : 2216-2217.

44-DECQ. Ph

L'endoscopie en neurochirurgie : le neuroendoscope d'après DECQ , 1998.

45-DECQ. Ph, BRUGIERS. P, DJINDJIAN. M, KERAVEL. Y, NGUYEN. J. P.

Percutaneous treatment of suprasellar arachnoid cysts : Ventriculocystostomy or ventriculocystocisternostomy ?

J. Neurosurg, 1996, 84 : 696-701.

46-DECQ. Ph, LEGUERINEL. C, BRUGIERS. P, DJINDJIAN. M, SILVIA. D, KRAVEL. Y, MELON. E, NGUYEN. J. P.

Endoscopic management of colloid cysts.

Neurosurg, 1998, 42, 6 : 1288-1294.

47-DECQ. Ph, LEGUERINEL, PALFI. S, SOL J. S, SAKKA. L.

Approche endoscopique des lésions du troisième ventricule.

Neurochir 2000, 46, 3 : 286-294.

48-DECQ. Ph, YEPES. C, ANNO. Y, DJINDJIAN. M, NGUYEN. J. P, KARAVEL. Y.

L'endoscopie neurochirurgicale : Indications diagnostiques et thérapeutiques.

Neurochirurgie, 1994, 14, 5 : 313-321.

49-DESTANDAU. J.

Aspects techniques de la chirurgie endoscopique des hernies discales foraminales Lombaires : A propos de 191 cas.

Neurochirurgie, 2004, 50, n°1, 6-10. Article original.

50-DESTANDAU. J

Microsurgical-Endoscopic Discektomy in Comparison with Other Minimally Invasive Techniques for Treating Vertebral Disk Prolapse.

2002 KARL STORZ GmbH et Co. KG, Tuttlingen, Germany and KARL STORZ ENDOSCOPY, America.

51-DESTANDAU. J.

A special device for endoscopic surgery of lumbar disc herniation.

Neurol Res 1999 ; 21 : 39-42.

52-DESTANDAU. J.

Chirurgie endoscopique des hernies discales foraminales lombaires.

In : Le Huec JC, Husson JL, ed. Chirurgie endoscopique et mini-invasive du rachis.

Montpellier : Sauramps Medical, 1999 : 279-284.

53-DHOOGE. C, GOVAERT. P, MARTENS. F, CAEMART. J.

Transventricular endoscopic investigation and treatment of suprasellar arachnoid cysts.

Neuropediatrics, 1992, 23, 5 : 245-247.

54-DOYEN. I.

In trigeminal neuralgia. R. Rovit. R. Murali. P. Janetta.

Williams and wilkins 1990 ; 17.

55-DULOU. R. F, DE SOULTRAIT. E, BLONDET. G, PERNOT. M.

Tumeurs du troisième ventricule et neuronavigation.

Neurochir 2000 ; 46, 3 : 282-285.

56-EDWARDS. R. J, POPLE. I. K.

Long-term efficacy of endoscopic choroïd plexus coagulation in the treatment of neonatal post-hemorrhagic hydrocephalus.

Child' s Nerv Syst 2003 ; 19 : 687-709.

57-EHRHARDT. A, STEPP. H, IRION. K. M, STUMMER. W, ZAAK. D, BAUMGARTNER. R, HOFSTETTER. A.

Fluorescence Detection of Human Malignancies Using Incoherent Light Systems.

Med. LaserAppl. 18 : 27-35 (2003).

58-EIRAS. J. A, VINAS. J. A.

Traitement endoscopique des lésions intracrâniennes. A propos de 8 cas.

Neurochir 1991 ; 37 : 278-283.

59-Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Neuroradiologie pédiatrique.

Physiologie du liquide céphalorachidien.

60-EPSTEIN. NE

Evaluation of varied surgical approaches used in the management of 170 lumbar disc herniations : indications and results.

J. Neurosurg 1995 ; 83 : 648-656.

61-EPSTEIN. NE.

Different surgical approaches to far lateral lumbar disc herniations.

J. Spinal Disord 1995 ; 8 : 383-394.

62-EPSTEIN. NE.

Foraminal and far lateral lumbar disc herniations : surgical alternative and outcome measures.

Spinal Cord 2002 ; 40 : 491-500.

63-ERAK. S, SIEUNARINE. K, GOODMAN. M, LAWRENCE-BROWN. M.

Endoscopic thoracic sympathectomy for primary palmar hyperhydrosis : intermediate term results.

Aust. N. Z. J. Surg. 1999, n° 69, p. 60-64.

64- FAY. T, GRANT. F. C.

Ventriculoscopy and intraventricular photography in internal hydrocephalus.

JAMA 1923 ; 80 : 461-463.

65-FELD. M.

La coagulation des plexus choroïdes par ventriculoscopie directe dans l'hydrocéphalie non obstructive du nourrisson.

Neurochir 1957 ; 3 :70-79.

66-FINDLAY. M. J.

Colloïd cyst removal.

J. Neurosurg, 1995, 82 : 703-704.

67-FOURNIER. D, PASCO-PAPON. A, MENEI. P, MERCIER. P, GUY. G.

Tumeurs intra-ventriculaires.

Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris), Neurologie, 17-250-A-10, 1997, 14 p.

68-FRANK. F.

Biophysical basis and technical prerequisites for the endoscopic and surgical use of the neodymium-yag laser.

Laser. Med. Surg, 1986, 3 : 124-132.

69-FRANK. G, PASQUINE. E.

Endoscopic endonasal approaches to the cavernous sinus : surgical approaches.

Neurosurgery 2002 ; 50 : 675.

70-FOLEY. K, SMITH. M.

Microendoscopic discectomy.

Techn Neurosurg 1997 ; 3 : 301-307.

71-FUENTES. S.

Ventriculocisternostomie endoscopique pour hématomas.

Neurochirurgie. Vol. 48, n° 6, 2002.

72-FUKUSHIMA. T.

Endoscopy of Meckels cave, cisterna magna and cerebellopontine angle.

Neurosurg 1978 ; 48 : 302-306.

73-FUKUSHIMA. T, ISHIJIMA. B, HIRAKAWA. K and al.

Ventriculofiberscope : a new technique for endoscopic diagnosis and operation.

Technical note.

J. Neurosurg 1973 ; 38, 251-256.

74-GAAB. M. R, SCHROEDER. H. W. S.

Neuroendoscopic approach to intraventricular lesions.

J. Neurosurg, 1998, 88 : 496-505.

75-GARRIDO. E, CONNAUGHTON. P. N.

Unilateral facetectomy approach for lateral disc herniation.

Neurosurgery 1991 ; 74 : 754-756.

76-GIUSEPPE CINALLI.

Impact of neuroendoscopy on the treatment of pediatric hydrocephalus.

Reviews 2001 ; 1, 1.

77- GODARD. J, JACQUET. G, STEIMLE. A, CZORNY. A.

L'échographie peropératoire en neurochirurgie : son intérêt et ses applications dix ans après.

Neurochirurgie, 1993, 39 : 182-187.

78-GOKSU NEBIL, BAYAZIT YILDIRIM and KEMALOGU YUSUF.

Endoscopy of the posterior fossa and dissection of acoustic neuroma.

J. Neurosurg 91 : 776-780, 1999.

79-GOODMAN. R. R.

Magnetic resonance imaging-directed stereotactic endoscopic third ventriculostomy.

Neurosurg. 1993 ; 32 : 1043-1047.

80-GORAN CLAES and al.

Endoscopic electrocautery of the thoracic sympathetic chain.

Scand. J. Plast. Reconstr. Hand. Surg. 1993, n° 29, p. 29-33.

81-GOSSOT. D.

Sympathectomie thoracique endoscopique pour hyperhydrose palmaire.

Encycl Med Chir (Elsevier, Paris), Techniques chirurgicales-Chirurgie vasculaire, 1995, 43-029-U, p. 7.

82-GRIFFITH. H. B.

Endoneurosurgery. Endoscopic intracranial surgery.

Proc R Soc Lond 1977 ; 195 : 261-268.

83-GRIFFITH. H. B.

Endoneurosurgery : endoscopic intracranial surgery. Advances and technical
Standarts in neurosurgery.

Springer-verlag (Wien. New York), 1986, 14 : 2-24.

84-GRIFFITH. H. B.

Endoscopic choroïd plexus coagulation and cerebrospinal fluid perfusion in the treatment of
infantile hydrocephalus.

Neuroendoscopy, 1992,1 : 91-

85-HALL. W, LUNSFORD. L. D.

Changing concepts in the treatment of colloid cysts. An 11 years experience in the CT era.

J. Neurosurg., 1987, 66 : 186-191.

86-HANDLER. M. H, ABBOTT. R, LEE. M.

A near fatal complication of endoscopic third ventriculostomy : case report.

Neurosurg., 1994 ; 35, 3 : 525-528.

87-HAZAN. A, ROUX. F. X, LEVY. D, PAGES. J. C.

Use of endoscopy in pituitary surgery

Neurosurg. 1998 ; 44, 5 : 327-30.

88-HEIKKINEN. E. R.

« Whole body » stereotaxy : application of stereotactic endoscopy to operation of Herniated lumbar disc.

Acta Neurochir., 1992 ; suppl. 54 Springer Verlag : 89-92.

89-HEILMAN C. B, COHEN A. R.

Endoscopic ventricular fenestration using a « saline torch ».

J. Neurosurg 1991 ; 74 : 224-229.

90-HELLWIG. D, BAUER. B. L.

Minimally invasive neurosurgery by means of ultrathin endoscopes.

Acta Neurochir Suppl (Wien) 1992 ; 54 : 63-68.

91-HELLWIG. D, BAUER. B-L, SCHULTE. M, GATSCHER. S, RIEGEL. T, BERTALANFFY. H.

Neuroendoscopic treatment for colloid cysts of the third ventricle : The experience of a decade.

Neurosurgery, Volume 52, number 3, March 2003. 525-532.

92–HELLWIG. D, BENES. V, BERTALANFFY. H, BAUER. J.

Endoscopic stereotaxy : an eight year' s experience.

Stereotact Funct Neurosurg 1997 ; 68, 4 : 90–97.

93–HENRY W. S, ROLF. W. WARZOK, M.D. , SCHROEDER M.D, MICHAEL. R.

Fatal subarachnoid hemorrhage after endoscopic third ventriculostomy.

Neusurg Focus 1999 ; 6–4, Article 4.

94–HENRY W.S, SCHROEDER M.D, MICHAEL. R, GAAB M.R.

Intracranial endoscopy.

Neurosurg Focus 1999 ; 6, 4, Article 4.

95–HERBST. F and al.

Endoscopic thoracic sympathectomy for primary hyperhydrosis of the upper limbs. A critical analysis and long-term results of 480 operations.

Ann. Surg. Jul. 1994, n° 220 (1), p.86–90.

96–HOPE N.J, GRUNERT.

Neuropsychological and psychiatric complications in endoscopic third ventriculostomy : a clinical case report.

J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry 2001; 71 : 268–271.

97–HORN. E. M, FEIZ–ERFAN. I, BRISTOL. R.E, LEKOVIC. G.P, GOSLAR. P. W, SMITH. K. A, NAKAJI. P, SPETZLER. R. F.

Treatment options for third ventricular colloid cysts : comparison of open microsurgical versus endoscopic resection.

Neurosurgery 2007, Apr, 60 (4) : 613–8 ; discussion 618–20.

98–HOROWITZ. M, LELAND ALBRIGHT. A, JUNGREIS. C, ELAD. I. LEVY, STEVENSON. K.

Endovascular Management of a Basilar Artery False Aneurysm Secondary to Endoscopic Third Ventriculostomy : Case report.

Neurosurgery, Vol. 49, n° 6, December 2001.

99–HORVATH. Z, VETO. F, BALAS. I, DOCZI. T.

Biportal endoscopic removal of a primary intraventricular hematoma : Case report.

Minim. Invas. Neurosurg 2000 ; 43 : 4–8.

100–HOSEMAN. W, NITSCH. N, RETTINGER. G.

Endonasal, endoscopically controlled repair of dura defects of the anterior skull base.

Laryngorhinootology 1991; 70, 3 : 115–119.

101–HOVORKA*, DAMOTTE*. A, ARCAMONE. H, ARGENSON*. C, BOILEAU*. P.**

Cure de hernie discale lombaire sous contrôle vidéoscopique.

*: CHU de Nice. Service de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique.

**: Clinique Médicis, 11–17 bd Gabriel Peri.

102–HOWE. J, FRYMOVER. J. W.

The effects of questionnaire design on the determination of end results in lumbar spine surgery.

Spine, 1985, 10, 804–805.

103–HUEWEL. N, PARNECZKY. A, URBAN. V.

Neuroendoscopy technique for the operative treatment of septated syringomyelia.

Acta Neurochir suppl (Wien) 1992 ; 54 : 59–63.

104-IIZUKA. J.

Development of a stereotactic endoscopy of the ventricular system.

Confin. Neurol. 1975 ; 37 : 141-149.

105-INGRAHAM. F. D, MATSON. D. D.

Neurosurgery of infancy and childhood. Volume 1.

Ch C thomas publisher Springfield 1954.

106-IWAI. Y, YAMANOKA. K, ISHIGURO. T.

Gamma Knife Radiosurgery for the Treatment of Cavernous Sinus Meningiomas.

Neurosurgery, Volume 52, number 3, March 2003. 517-521.

107-JAKCHE. H, LOEW. F.

Burr hole third ventriculocisternostomy.

Acta Neurochir 1986 ; 79 : 48-51.

108-JHO. H. D, ALFIERI. A.

Endoscopic Endonasal Pituitary Surgery : evolution of surgical technique and equipment in 150 operations.

Minimally Invasive Neurosurgery 2001 ; 44 : 1-12.

109-JHO. H. D

Endoscopy in Skull Base Surgery. Proceedings of the 4th European Skull Base Congress, Nuremberg (Germany).

May 19-22, 1999, Skull Base Surg 1999; 9 (Suppl 2) : 20-21.

110-JIANN-SHINC JENG, PING-KEUG YIP.

Changes in hemodynamic of the carotid and middle cerebral arteries before and after endoscopic sympathectomy in patients with palmar hyperhydrosis : preliminary results.

Jour. Neurosurg. 1999, n° 90, p. 463-467.

111-JONES. R. F, STENING. W. A, BRYDON. M.

Endoscopic third ventriculostomy.

Neurosurg 1990 ; 26, 1 : 86-91.

112-JONES. R. F. C, TEO. C, STENING. W. A, KWOK. B. C. T.

Neuroendoscopic third ventriculostomy.

Neuroendoscop 1992 ; 1, mary Ann Liebert : 63-77.

113-KAMBIN. P, GELLMAN. H.

Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine. A preliminary report.

Clin Orthop 1983; 174, 127.

114-KARAKHAN. V. B.

Endofiberscopic intracranial stereotopography and endofiberscopic neurosurgery.

Acta Neurochir Suppl (Wien) 1992; 54, 11-25.

115-KELLY. P. J.

Stereotactic third ventriculostomy in patients with non tumoral adolescent/ adult onset aqueductal stenosis and symptomatic hydrocephalus.

J Neurosurg. 1991; 75 : 865-873.

116-KEYVAN. B, MARION. L, WALKER.

Basilar artery perforation as a complication of endoscopic third ventriculostomy.

Pediatric Neurosurg 1998 ; 28, 1: 35-41.

117-KIM. M. H.

The role of endoscopic fenestration procedures for cerebral arachnoid cysts.

J. Korean Med Sci 1998; 14, 4: 443-7.

118-KLEINHAUS. S, GERMANN. N, SHERAN. M.

A role of endoscopy in the placement of ventriculo-peritoneal shunts.

Surg Neurol. 1982; 18 : 179-180.

119-KOCH. D, GRUNERT. P, FILIPPI. R, HOPF. N.

Re-ventriculostomy for treatment of obstructive hydrocephalus in cases of stoma dysfunction.

Minim. Invasive Neurosurg. 2002, Sep, 45 (3): 158-63.

120-KOCH. F, POISSON. C.

Targeting cerebral tumors. Combining image-guided stereotactic endoscopy with laser therapy.

Aorn J 1989 ; 49,3 : 740-743.

121-KONOVALOV. A. N, PITSKHELAURI. D. I.

Infratentorial supracerebellar approach to the colloid cysts of the third ventricle.

Neurosurg. 2001; 49, 5: 1116-22.

122-KORRES. D. S, LOUPASSIS. G, STAMOS. K.

Results of lumbar discectomy: a study using 15 different evaluation method.

EurSpine J, 1992, 1, 20-24.

123-KYSTES INTRACRANIENS DE L'ENFANT : INDICATIONS CHIRURGICALES ET PLACE DE L'ENDOSCOPIE THERAPEUTIQUE. A PROPOS D' UNE SERIE DE 112 OBSERVATIONS.

Thèse présentée et soutenue publiquement le 30 Mars 1998, par Mr Alexandre CARPENTIER.

Université Pierre et Marie CURIE, Paris VI. Faculté de Médecine Pitié-Salpêtrière.

124-L' ESPINASSE. V. L.

In Davis neurological surgery. 2nd edition.

Lead et Febiger Philadelphia 1943; 442.

125-LE GARS. D, LEJEUNE. J. P, DESENCLOS. C.

Tumeurs du troisième ventricule: revue de la littérature.

Neurochir 2000; 46,3 : 296-319.

126-LEWIS. A. I.

Endoscopic management of colloid cysts.

Neurosurgery, 1999, 44, 1: 232-233.

127-LEWIS. A. I, CRONE. K. R, TAHA. J, VANLOVERN. H. R, YEH. H. S, TEW. J. M.

Surgical resection of third ventricle colloid cysts. Preliminary results comparing transcallosal microsurgery with endoscopy.

J. Neurosurg., 1994, 81: 174-178.

128-LIN CHIN-LUNG and al.

The long-term results of upper dorsal sympathetic ganglionectomy and endoscopic thoracic sympathectomy for palmar hyperhydrosis.

Jpn. J. Surg. 1999, N° 100, p. 209-213.

129-LOH. J. K, HOWING. S. L.

Endoscopic third ventriculostomy in the management of non communicating Hydrocephalus.

J. Formos Med Assoc 1997; 96, 10 : 839-842.

130-MAGNAN. J, CHAYS. A, CACES. F, LEPETRE. C.

Apport de l'endoscopie de l'angle ponto-cérébelleux par voie rétrosigmoïde.

Neurinomes et conflits vasculo-nerveux.

Ann. Otolaryngol. Chir. Cervicofac 1993; 110: 259-265.

131-MANDAT. T, ROSZKOWSKI. M, BARSZCZ. S, PODGORSKI. J. K, JURKIEWICZ. E.

Neuroendoscopy in the treatment of third ventricular hydrocephalus accompanying tumors of the posterior part of the third ventricle in children.

Neurol. Neurosurg. Pol 2002, Jul-Aug ; 36 (4): 711-22.

132-MANWARING. K. H.

Endoscopic-guided placement of the ventriculoperitoneal shunt.

Neuroendoscopy 1992, I. Mary Ann Liebert, 29-40.

133-MAROON. J. C, KOPITNIK. T. A, SCHULHOF. L. A, ABLA. A, WILBERGER. J. E.

Diagnosis and microsurgical approach to far-lateral disc herniation in the lumbar spine.

J. Neurosurgery 1990 ; 72 : 378-382.

134-Mc CULLOCH. J. A.

Focus issue on lumbar disc herniation: macro and microdiscectomy.

Spine 1996; 21: 45S-56S.

135-MERIEENNE. L, LERICHE. B, ROUX, DEVAUX. B.

Utilisation du laser Nd-YAG en endoscopie intracrânienne-Expérience préliminaire en stéréotaxie.

Neurochir. 1992 ; 38: 245-247.

136-MICHEL. R, GAAB M. D, HENRY. W. S, SCHROEDER. S.

Neuroendoscopic approach to intraventricular lesions.

Neurosurg. Focus 1999 ; 6 (4): Article 5.

137-MILHORAT.T. H.

Failure of choroïd plexectomy as treatment for hydrocephalus.

Surg. Gynec. Obst. 1974; 139 : 505-508.

138-MILHORAT, HAMMOCK. M. K, CHIEN. T.

Normal rate of cerebro-spinal fluid formation five years after bilateral plexectomy.

J. Neurosurg. 1976; 44: 735-739.

139-MILHORAT. T. H., HAMMOCK. M. K, FENSTERMACHER. L. D.

Cerebro-spinal fluid production by choroïd plexus and brain.

Science 1971; 173: 330-332.

140-MILLER. C. F, WHITE. R. J, ROSKI. R. A.

Spontaneous ventriculocisternostomy.

Surg. Neurol. 1979; 11: 63-66.

141-MOHADJER. M, TESHMAR. E, MUNDINGER. F.

Stereotactic drainage of colloid cysts in the foramen of Monro and the third ventricle.

J. Neurosurg., 1987, 67: 220-223.

142-MOREAU. J. J, GHORBEL. M, MOUFID. A, HALLACQ. P, LAGARRIGUE. J. F, ALIBENALI. M, VIDAL. J.

Neuroendoscopie guidée par ordinateur.

Neurochirurgie (2002; 48: 92-96).

143-NATORI. Y, MATSUSHIMA. T, OKA. K and FUKUI. M.

Controversy in tumor biopsy by the neuroendoscope.

Clinical Neurology and Neurosurgery, Volume 99, Supplement 1, July 1997, page S39.

144-NIDA. T. Y, HAINES S. J.

Multiloculated hydrocephalus: craniotomy and fenestration of intraventricular septations.

J. Neurosurg. 1993; 78: 70-76.

145-NULSEN. F. E, SPITZ. E. B.

Treatment of hydrocephalus by direct shunt from ventricle to jugular vein.

Surg. Forum 1952; 2: 399-403.

146-O' BRIEN. M. F, PETERSON. D, CROCKARD. A.

A postero-lateral microsurgical approach to extreme-lateral lumbar disc herniation

J. Neurosurg 1995; 83 : 636-640.

147-OGATA. M, ISHIKAWA. T, HORIDE. R, WAMATABE. M.

Encephaloscope-Basic study.

Neurosurg. 1965; 22: 288-291.

148-OKA. K, GO. Y, YAMAMOTO. M, KUMATE. S, TOMONAGA. M.

Experience with an ultrasonic aspirator in Neuroendoscopy.

Minim. Invas. Neurosurg 1999; 42: 32-34.

149-OKA, MASAOKI. Y, KIOCHI. I.

Flexible endoneurosurgical therapy for aqueductal stenosis.

Neurosurg 1993; 33 (2): 236-243.

150-OKA. K, YAMAMOTO. M, MONAKA. T, TOMONAGA. M.

The significance of artificial cerebrospinal fluid as perfusate and endoneurosurgery.

Neurosurgery, 1996, 38, 4: 733-736.

151-OLINGER Angela, HILDEBRANDT Ulrich.

Chirurgie endoscopique du rachis, thoracique, laparoscopique, rétropéritonéale.

Editeur Endo-Press, Tuttlingen, 2000.

152-OLINGER. C. P, OHLANDER. R. L.

Eighteen-gauge microscopic telescopic needle endoscope and electrode channel.

Surg. Neurol. 1974 ;2, 151.

153-OPPEL. F, MULCH. G.

Selective trigeminal root section via endoscopic transpyramidal retrolabyrinthine approach.

Acta Neurochir 1979; 28: 565-571.

154-PALADINO,J, ROTIM. K, HENRICH. Z.

Neuroendoscopic fenestration of arachnoid cysts.

Minim. Invasive. Neurosurg., 1998, 41,3: 137-140.

155-PERAGUT. J. C, RISS. J. M, FARNARIER. Ph, GAMBARELLI. D, SETHIAN. M.

Kystes colloïdes du 3^{ème} ventricule, scanner, IRM et ponction stéréotaxique.

Neurochirurgie, 1990, 36: 122-128.

156-PHILLIP. A, WACKYM, WESLEY. A, KING, GLENN. A. MEYER, DENNIS. S. POE.

Endoscopy in neuro-otologic surgery.

Otolaryngol Clin of North America 35 (2002) 297-323.

157–PIERRE KAHN. A, CAPELLE. L, BRAUNER. R, SAINTE ROSE. C, RENIER. D, RAPPAPORT. R, HIRSCH. J. F.

Presentation of management of suprasellar arachnoid cysts: Review of 20 cases.

J. Neurosurg., 1990, 73: 355–359.

158–PIERRE KAHN. A, CAPELLE. L, SAINTE ROSE. C, RENIER. D, HOPPEHIRSH. E, HIRSCH. J. F.

Treatment of suprasellar arachnoid cysts by transcutaneous transfrontal ventriculo-Cisternostomy. A propos of 17 cases.

Neurosurgery, 1990, 36: 370–377.

159–PITTMAN. T, BUCHOLZ. R. D.

Endoscopic choroid plexectomy.

Neuroendoscopy 1992; 1, mary Ann Liebert: 97–102.

160–POOL. J. L.

Myeloscopy: intraspinal endoscopy.

Surgery 1942; 2, 169–182.

161–POPLE. L. K, ETTLES. D.

The role of endoscopic choroid plexus coagulation in the management of hydrocephalus.

Neurosurg. 1995; 36, 4: 698–702.

162–POPLE. I. K, GRIFFITH. N. B.

Control of hydrocephalus by endoscopic choroid plexus coagulation: long term results and complications.

Eur. J. Pediatr. Surg 1993 ; 3, Suppl 1 : 17–18.

163–POWELL. M. P, TORRENS. M. J, PHIL. M, THOMSON. J. L. G, HORGAN. J. C.

Isolence colloid cysts of the third ventricle : a diagnosis and therapeutic problem resolved by ventriculoscopy.

Neurosurgery, 1983, 13 : 234–237.

164–POWERS. S. K.

Fenestration of intraventricular cysts using a flexible steerable endoscope.

Acta Neurochir Suppl (Wien) 1992 ; 54 : 42–46.

165–PROLO. D. J, OKLUND. S. A, BUTCHER. M.

Toward uniformity in evaluating results of lumbar spine operations.

Spine 1986 ; 11 : 601–606.

166–Prof Heinz STAMMBERGER.

Functional Endoscopic Sinus Surgery (FESS), Endoscopic Diagnosis and Surgery of the Para-nasal Sinuses and Anterior Skull Base.

The Messerklinger Technique and advanced applications from Graz School. 2005, published by Endopress, Tuttlingen, Germany.

167–PROTT. W.

Cisternoscopy–endoscopy of the cerebellopontine angle.

Acta Neurochir (Wien) 1974 ; 31 : 105–113.

168–RAMPINI. P, EGIDI. M, ZAVANONE. M, ORSI. M, ALIMEHMETI. R.

Stereotactically guided endoscopy for the treatment of arachnoid cysts.

Pediatr. Neurosurg., 1998, 29, 2 : 102–104.

169–RAPOSIO EDOARDO and al.

Endoscopic transthoracic dorsal sympathectomy for the treatment of upper extremity hyperhydrosis : A new minimally invasive approach.

Plastic and reconstructive surgery, Oct. 1998, Vol. 102, n° 5, p 1629–32.

170–RECOULES–ARCHES D, SABOORI. A.

La hernie du canal de conjugaison, principale cause de cruralgie.

Rachis 1992 ; 4 : 17–22.

171–RIEGER. A, RAINOV. N. G, SANCHIN. L, SCHOOPP. G, BURKERT. W.

Ultrasound–guided endoscopic fenestration of the third ventricular floor for non–communicating hydrocephalus.

Minim. Invasive Neurosurgery, 1996, 39, 1 : 17–20.

172–ROD. J, OSKOUIAN. J, JOHNSON. J–P, REGAN. J–J.

Thoracoscopic microdiscectomy.

Neurosurgery, Vol 50, N° 1, January 2002.

173–ROSENTHAL. D, DICKMAN. C, LORENZ. R.

Thoracic disc herniation : Early results after surgical treatment using microsurgical endoscopy.

J. Neurosurg 84 : 334 A, 1996 (Abstr).

174–ROUX. F. X, GALLINA. P, LUCERNA. S, CHODKIEWICZ. J. P.

New applications of Nd–YAG laser in neurosurgery.

Giornata medico–chirurgiche internazionali. Proceeding.

Ed. Minerva. Medica, 1991, Torino : 1465–1466.

175-RUETTEN. S, KOMP. M, MERK. H, GODOLIAS. G.

A new full-endoscopic technique for cervical posterior foraminotomy in the treatment of lateral disc herniations using 6,9 mm endoscopes : prospective 2 years results of 87 patients.

Minim. Invasive Neurosurg. 2007, Aug; 50 (4): 219-26.

176-RYANG. Y. M, OERTEL. M. F, MAYFRANK. L, GILSBACH. J. M, BOHDE. V.

Standard open microdiscectomy versus minimal access trocar microdiscectomy, results of a prospective randomized study.

Neurosurgery 2008, Jan ; 62 (1): 174-81 ; discussion 181-2.

177-SAINTÉ-ROSE. C.

Third ventriculostomy.

Neuroendoscop 1992 ; / Mary Ann Liebert : 47-62.

178-SAINTÉ-ROSE. C, CHUMAS. P.

Endoscopic third ventriculostomy.

Tech Neurosurg 1995 ; 1 : 176-184.

179-SALMON. J. H.

Isolated unilateral hydrocephalus following ventriculo-atrial shunt.

J. Neurosurg 1970 ; 32 : 219-226.

180-SAYERS. M. P.

Shunt complications.

Clin. Neurosurg 1976 ; 23 : 393-400.

181–SCARFF. J. E.

Evaluation of treatment of hydrocephalus : reports of third ventriculostomy and endoscopic cauterisation of choroïd plexus compared with mechanical shunts.

Arch. Neurol 1966 ; 382–391.

182–SCARFF. J. E.

Non obstructive hydrocephalus treatment by endoscopic cauterisation of the choroïd plexus. Long term results.

J. Neurosurg 1952 ; 9 : 164–176.

183–SCARFF. J. E

The treatment of non obstructive hydrocephalus by endoscopic cauterisation of the choroïd plexus.

J. Neurosurg 1970 ; 33 : 1–18.

184–SCARFF. J. E.

Endoscopic treatment of hydrocephalus. Describtion of a ventriculoscope.

Arch Neurol Psychiatr 1936 ; 35 : 853–860.

185–SCHICK. U, DOHNERT. J.

Technique of microendoscopy in medial lumbar disc herniation.

Minim. Invasive Neurosurg 2002 ; 45 : 139–141.

186– SCHONAUER. C, BELLOTTI. A, TESSITORE. E.

Traumatic subependymal hematoma during endoscopic third ventriculostomy in a patient with a third ventricle tumor : case report.

Minim. Invasive Neurosurg 2000 ; 43 (3) : 135–7.

187-SCHROEDER . H. W. S, GAAB. M. R.

Endoscopic observation of a slit-valve mechanism in a suprasellar prepontine arachnoid cyst : case report.

Neurosurg., 1997, 40, 1 : 198-200.

188-SCHROEDER. H. W. S, GAAB. M. R, NIENDORF. W. R.

Neuroendoscopic approach to arachnoid cysts.

J. Neurosurg., 1996, 85, 2 : 293-298.

189-SCHULTZ. P, LEED. N. E.

Intraventricular septations complicating neonatal meningitis.

J. Neurosurg 1973 ; 38 : 620-626.

190-SECTION OF PEDIATRIC AND CONGENITAL NEUROSURGERY, DEPARTMENT OF NEURO-SURGERY, NEUROLOGICAL INSTITUTE, CLEVELAND, USA.

Multiple brain tumor nodule resections under direct visualization of a neuro-navigated endoscope.

Minim. Invasive Neurosurg. 2007 Aug ; 50 (4) : 227-32.

191-SHIM. K. W, KIM. D. S, CHOI. J. U.

Simultaneous endoscopic third ventriculostomy and ventriculoperitoneal shunt for infantile hydrocephalus.

Child' s Nerv syst. 2008 Apr ; 24 (4) : 443-451.

192-STACHUR. K, CZEPKO. W.

Application of endoscopic surgery in the treatment of spontaneous intracerebral haematomas.

Child' s Nerv Syst 2003 ; 19 : 687-702.

193-STAN. H, POPA. C, IOSIF. A, NISTOR. S.

Combined endoscopically guided third ventriculostomy with prepontine cistern placement of the ventricular catheter in a ventriculo-peritoneal shunt: technical note.

Minim. Invasive Neurosurg. 2007 Aug ; 50 (4) : 247-50.

194-STEINBOK. P, BOYD. M.

Periaqueductal tumor as cause of late onset aqueductal stenosis.

Child Nervous System 1987 ; 3 : 170-174.

195-STERN. E. L.

Spinoscope : a new instrument for visualising the spinal canal and its contents.

Med. Rec 1936 ; 143 : 31-32.

196-STUMMER. W, STOCKER. S, WAGNER. S, STEPP. H, FRITSCH. C, GOETZ. C, GOETZ. A. E, KIEFMANN. R, REULEN. H. J.

Intraoperative detection of malignant gliomas by 5 amino-levulinic acid-induced porphyrin fluorescence.

Neurosurgery 42 : 518-525 (1998).

197-TAKEO TEDORIYA and al.

Influences of bilateral endoscopic transthoracic sympathectomy on cardiac Autonomic nervous activity.

European Journal of cardio-thoracic Surgery 15, 1999, p. 194-198.

198-TEO. C and NAKAJI. P.

Application of Endoscopy to the Resection of Intra-axial tumors.

OperTech Neurosurg 8 : 179-185, 2005, Elsevier Inc.

199-VANDERTROP. W. P, VERDAASDONK. R. M, VANSWOL. C. F. P.

Laser-assisted neuroendoscopy using a neodymium-yttrium aluminium garnet of diode contact laser with pretreated fiber tips.

J. Neurosurg., 1998,88-92.

200-VRIES. J. K.

An endoscopic technique for third ventriculostomy.

Surg. Neurol 1978 ; 9 : 165-168.

201-VRIES. J. K.

Endoscopy as an adjunct to shunting for hydrocephalus.

Surg. Neurol 1980 ; 13 : 69-72.

202-WALKER. M. L, Mc DONALD. J, WRIGHT. L. C.

The history of ventriculoscopy : where do we go from here ?

Pediatr. Neurosurg., 1992, 18, 4 : 218-223.

203-XIANG-ZHANG, ZHOU. F, WEI. Z, WEI-DONG. C, WEI-PING. L, JIAN-NING. Z, LUO-AN. F, XIAO-FAN. J, HAI-NING. Z, SHAO-JUN. S, XIA LI.

Emergency trans sphenoidal surgery for hemorrhagic pituitary adenomas.

Surg. Oncol (2007), doi : 10. 1016/J. Suronc. 2007. 06. 001.

204-YAMADA. Shokei, IACONO. R. P, MANDYBUR. G. T, ANTON. R, LONER. R, YAMADA. Shoko and HAUGEN. G.

Endoscopic Procedures For Resection of Arteriovenous Malformations.

Surg. Neurol 1999 ; 51 : 641-9.

205-ZAMORANO. L, CHAVANTES. C, MOURE. F.

Endoscopis stereotactic interventions in the treatment of brain lesions.

Acta Neurochir 1994 ; Suppl 61 : 92-97.