

CRANIOSTÉNOSES : MALFORMATIONS CONGÉNITALES AVEC UN TRAITEMENT CHIRURGICAL EN CONSTANTE ÉVOLUTION

Mahmoud Messerer, Camille Niederhauser, Ethan Harel



Mahmoud Messerer

Camille Niederhauser
Ethan Harel

Les craniosténoses sont des malformations congénitales rares, on décrit des formes non syndromiques et des formes syndromiques. Le diagnostic est clinique et peut être confirmé par des examens complémentaires comme le scanner cérébral dans les formes simples ou des tests génétiques dans les formes syndromiques. Le traitement est basé essentiellement sur la chirurgie mais la prise en charge globale est multidisciplinaire. L'objectif de cet article est de reprendre les éléments principaux du diagnostic clinique, revoir les bases anatomiques et pathologiques, ainsi que la prise en charge chirurgicale avec notre protocole ERAS®.

Introduction

Les craniosténoses (CS) se définissent comme une fermeture précoce d'une ou plusieurs sutures de la voûte crânienne⁽¹⁾. Elles sont congénitales, touchent 1 pour 2000 à 2500 naissances et sont principalement réparties en deux groupes : les CS syndromiques et non-syndromiques⁽²⁾.

Les CS non-syndromiques sont considérées comme simples (ou isolées) car elles touchent le plus souvent une seule suture et ne sont pas associées à d'autres malformations du corps. Elles sont majoritairement sporadiques et représentent plus de 80 % des CS⁽²⁾.

A l'opposé, une CS peut être complexe, associant une atteinte de plus d'une suture avec d'autres malformations au niveau du corps. Elles appartiennent alors à des syndromes crâniofaciaux plus larges. Elles représentent moins de 20 % des CS, et sont appelées CS syndromiques⁽²⁾. Une histoire familiale et des mutations génétiques sont retrouvées dans la majorité de ces cas, avec une transmission autosomique dominante⁽³⁾.

Une CS simple est le résultat d'une fusion précoce d'une seule suture, entraînant une déformation spécifique avec un risque de préjudice esthétique plus au moins important selon le type de CS, mais aussi un risque d'hypertension intracrânienne (HTIC), pouvant également impacter sur le neurodéveloppement cognitif et moteur⁽¹⁾. Dans les formes complexes avec une atteinte de plusieurs sutures, le risque d'une HTIC est plus important, il peut aller jusqu'à 60 % des cas⁽⁴⁾.

Le traitement est chirurgical dans tous les cas de CS ; il sera réalisé dans un centre tertiaire par un neurochirurgien pédiatrique, accompagné ou non d'un chirurgien maxillo-facial. Il existe plusieurs techniques, dépendant de la suture atteinte et de l'âge du patient. Les techniques classiques, dites « ouvertes », consistent en une large incision et un remodelage complet de toutes les sutures et os atteints. Ces dernières années, ce sont des techniques minimales invasives, basées sur l'utilisation de l'endoscope opératoire à travers de plus petites incisions, qui ont gagnées en popularité. Cependant, elles ne peuvent être utilisées chez tous les patients et la décision est au cas par cas.

Étant donné la spécificité de ces pathologies, la prise en charge est multidisciplinaire. L'équipe de neurochirurgie pédiatrique sera épaulée par les pédiatres et chirurgiens pédiatres, les anesthésistes, les chirurgiens maxillo-faciaux, les médecins généticiens, ainsi que le personnel infirmier, les physiothérapeutes et ostéopathes. Afin d'assurer une bonne coopération et communication entre tous ces intervenants, et afin de diminuer les complications liées à la prise en charge, nous avons introduit au CHUV depuis fin 2022 le protocole ERAS® pour les CS.

Le protocole ERAS® permet aux enfants opérés de rentrer à domicile 3 jours après l'intervention chirurgicale, en diminuant la morbidité associée à ces pathologies.

Anatomo-physiologie des sutures crâniennes et des craniosténoses

Le crâne normal du nouveau-né est formé des os suivants : 2 os frontaux, 2 os pariétaux, 2 os temporaux, 1 os occipital. Ils sont séparés par du tissu fibreux constituant des sutures lâches (la suture métopique et sagittale, les sutures coronales et lambdoïdes), permettant le mouvement de ces os les uns par rapport aux autres ; le crâne du nouveau-né est donc mobile⁽⁵⁾. Ces sutures vont irrémédiablement se fermer naturellement à des périodes différentes pour progressivement aboutir à un crâne totalement rigide à l'âge adulte⁽⁶⁾.

Puisque le crâne est mobile durant les premiers mois de vie, la croissance cérébrale, très active à cette

<https://doi.org/10.35190/Paediatria.f.2023.4.4>

Correspondance :
Mahmoud.messerer@chuv.ch

Formation continue

période, exerce une poussée sur le crâne du nourrisson et entraîne son augmentation en taille. S'ensuit un processus naturel de fermeture des sutures et des fontanelles, encore incomplètement compris à l'heure actuelle. Chaque suture se ferme à un moment différent, et excepté la suture métopique qui commence sa fermeture vers l'âge de 2 mois, toutes les autres démarrent après l'âge de 1 an⁽⁷⁾.

Lorsqu'une suture est ouverte, elle est considérée comme un vecteur directionnel de croissance. La fermeture prématurée d'une suture entraîne un blocage de la croissance perpendiculairement à cette suture, et une compensation par une croissance dans un sens parallèle à cette suture, responsable d'une déformation caractéristique. Ce phénomène a été décrit par Virchow en 1851⁽⁸⁾. La tête va alors changer de forme pour prendre un aspect typique, variant en fonction de la suture atteinte (voir figure 1).

Lorsqu'il existe une CS, l'obstacle de croissance au niveau du vecteur directionnel entraîne un blocage de la poussée cérébrale. Ce lien étroit nous permet donc de comprendre plus aisément les retentisse-

ments cliniques avec le risque d'une HTIC, ainsi que sur le développement psychomoteur de l'enfant lorsque celui-ci présente une fermeture précoce d'une ou plusieurs de ses sutures.

Rôle de la génétique dans les craniosténoses :

Les CS syndromiques ont une étiologie monogénique et principalement de transmission autosomique dominante. Six gènes communs (FGFR2, FGFR3, TWIST1, EFNB1, TCF12, ERF) sont typiquement mutés et doivent être recherchés⁽⁹⁾. Certains d'entre eux sont à l'origine de syndromes reconnaissables, dont les caractéristiques cliniques et les corrélations génotype-phénotype ont été largement étudiées⁽¹⁰⁾ (voir tableau 1).

Bien que seulement six gènes soient responsables de la majorité des CS syndromiques, environ un quart des cas restants ont une origine génétique hétérogène, dont la découverte étiologique est encore récente. En effet, l'identification de nouveaux gènes a été considérablement accélérée par le séquençage de nouvelle génération. Twigg et Wilkie⁽¹⁰⁾ ont identifié au total 57 gènes validés. Leurs travaux ont également démontré la relation inconstante entre ces gènes et la présence

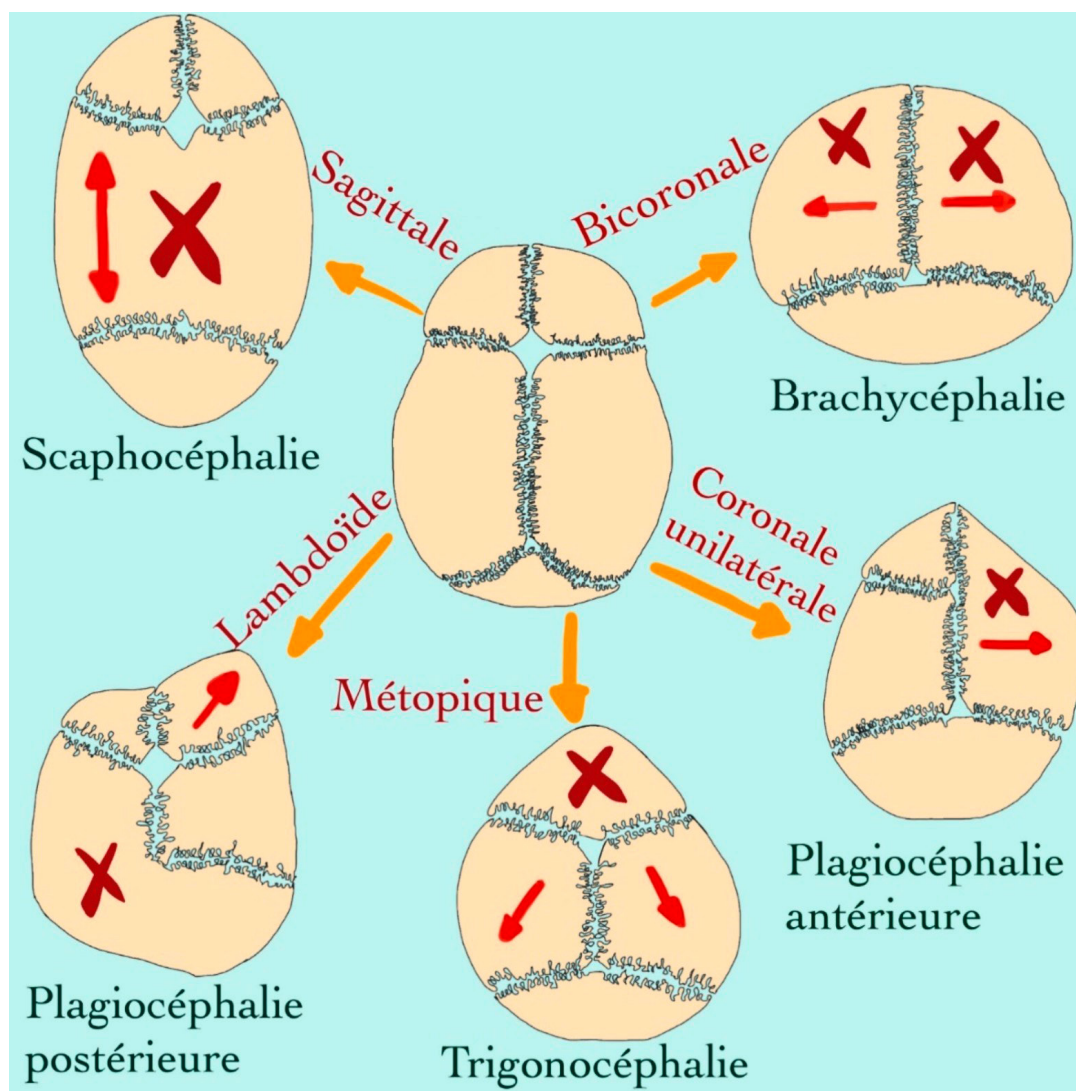


Figure 1. Différents types de craniosténoses selon l'atteinte de la suture spécifique.

Craniosténoses syndromiques	Génétique
Apert	FGFR2
Pfeiffer	FGFR2, FGFR1, FGFR3
Crouzon	FGFR2, FGFR3, ERF
Saethre-Chotzen	TWIST1, TCF12, FGFR3, FGFR2
Craniofrontonasal	EFNB1
Craniosténoses non-syndromiques	Génétique
Sagittale	SMAD6, ERF
Coronale	FGFR3, TWIST, TCF12, EFNB1, EFNA4
Métopique	TWIST, SMAD6, FREM1
Lambdoïde	ERF

Tableau 1. les différents gènes responsables des principales craniosténoses syndromiques et non syndromiques.

d'une CS ; même en présence d'une mutation, la CS n'apparaissait que dans une minorité de cas⁽¹⁰⁾.

A l'inverse des CS syndromiques, les CS non-syndromiques ne sont pas causées par une mutation génétique unique, et ne sont pas essentiellement associées à des transmissions autosomiques dominantes⁽¹¹⁾.

Leur cause est donc multifactorielle et une origine génétique causale primaire n'est démontrée que dans 5 % des cas⁽¹²⁾.

Des facteurs environnementaux tels que la géoméllarité, l'âge paternel avancé et le tabagisme ont été associés avec un risque de scaphocéphalie⁽¹¹⁾. Des antécédents familiaux ont été rapportés pour les fermetures précoces des sutures coronales. La consommation de Valproate par la mère a été mentionné comme facteur de risque significatif pour la trigonocéphalie⁽¹²⁾.

Diagnostic clinique

Le diagnostic d'une CS est clinique, il repose sur la morphologie crânienne caractéristique. En particulier dans les CS non-syndromiques, puisque chaque suture se fermant précocement entraînera une modification morphologique du crâne assez distinctive (voir figure 2).

Dans la scaphocéphalie, le crâne va s'allonger. Dans la trigonocéphalie, l'avant du crâne va se réduire et prendre une forme triangulaire. Dans les plagiocéphalies, le crâne va s'aplatir en regard de cette suture fermée. Lors de la palpation du crâne suspect, sous la peau, une crête osseuse en regard de la suture atteinte peut être mise en évidence.

Enfin, le pédiatre doit aussi rechercher des signes d'hypertension intracrânienne, qui sont retrouvés dans 10 % des cas de CS non-syndromiques⁽¹⁾, avec éventuellement la réalisation d'un fond d'œil⁽¹³⁾.

Lors du bilan pré-chirurgical, la réalisation d'un scanner cérébral avec fenêtrage osseux associé à des reconstructions en trois dimensions permet de confirmer le diagnostic, mais également d'analyser toutes les autres sutures⁽¹⁴⁾. Nous recommandons que la prescription du scanner soit faite uniquement dans le but d'une planification chirurgicale, puisque le diagnostic reste clinique. Cet examen doit alors être demandé par le neurochirurgien responsable, afin d'éviter des irradiations inutiles.

Inversement, les CS syndromiques vont être détectées très précocement, parfois même en anténatal, en raison des nombreuses malformations corporelles associées. En cas de diagnostic dans les premiers mois de vie, des difformités faciales peuvent être visibles, entraînant des troubles de la vision, dentition, audition ou dans les cas les plus sévères, de la respiration. Ceci peut mener à un préjudice fonctionnel majeur⁽¹⁵⁾.

Caractéristiques cliniques et épidémiologiques des craniosténoses non-syndromiques

La scaphocéphalie : Elle représente la forme la plus fréquente. Sa prévalence est de l'ordre de 1 sur 5000 naissances et va correspondre à plus de 50 % des CS non-syndromiques⁽¹⁶⁾. Elle est secondaire à la synostose de la suture sagittale (voir figure 1). Il s'ensuit une croissance antéropostérieure entraînant une forme très allongée du crâne avec un bombement frontal et/ou postérieur. En regardant du dessus, la



Figure 2. Photos d'enfants présentant la malformation du crâne typique d'une
A. Scaphocéphalie (crâne allongé)
B. Trigonocéphalie (avant du crâne triangulaire)
C. Plagiocéphalie antérieure droite (aplatissement frontal droit avec orbite droit relevée et bombement frontal gauche)

tête prend une forme de proue de bateau, d'où vient le nom scaphocéphalie. (Le préfixe «scapho-» signifie en grec bateau ou barque.) Le principe chirurgical est d'enlever la suture sagittale malade ainsi que de disposer des facteurs de croissance du reste du crâne en formant des traits de craniectomie le long des sutures coronales et lambdoïde bilatéralement⁽¹⁾. Les techniques ouvertes ou endoscopiques sont possibles, dépendent de l'âge de l'enfant et de la sévérité de la sténose⁽¹⁷⁾ (voir figure 4).

La trigonocéphalie : Elle vient en 2^e position et correspond approximativement à 30 % des cas. Elle touche 1 sur 15 000 nouveau-nés⁽¹⁶⁾. Dans ce cas, il s'agit de la fermeture de la suture métopique (voir figure 1). La croissance compensatrice à l'arrière de la suture fusionnée va entraîner un bombement postérieur du crâne et consécutivement, donner une forme triangulaire, très typique, à la partie antérieure du crâne⁽¹⁾. Ce triangle frontal a donné son nom à la pathologie (préfixe « trigono- » tiré du grec). Il est mieux visualisé lorsque la tête est regardée du dessus. Le principe chirurgical consiste en un remodelage des os frontaux avec un avancement du bandeau orbitaire, en collaboration avec les chirurgiens maxillo-faciaux⁽¹⁸⁾.

La plagiocéphalie antérieure : Représente 15 à 20 % des cas⁽¹⁶⁾. Le préfixe « plagio- » en grec signifie « plat » et décrit l'aplatissement que nous retrouvons antérieurement (voir figure 1). La synostose touche une des deux sutures coronales. L'aplatissement est frontal et unilatéral, il est ensuite compensé contra-latéralement par un bombement du front et une protrusion orbitaire⁽¹⁾. Chirurgicalement, les os frontaux sont remodelés et déconnectés des cavités orbitaires avec avancement du bandeau fronto-orbitaire, toujours en collaboration avec l'équipe de chirurgie maxillo-faciale⁽¹⁹⁾.

La plagiocéphalie postérieure : Beaucoup plus rare, cette difformité est causée par la fusion prématurée de la suture lambdoïde. L'arrière du crâne ipsilatéral sera aplati, et l'oreille (associé ou non au front) ipsilatérale va être tirée en arrière. La tête va

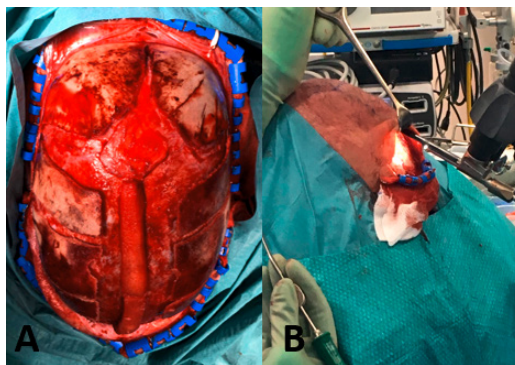


Figure 3. Image per-opératoire d'un traitement de scaphocéphalie.
Gauche la technique chirurgicale ouverte et à droite la technique chirurgicale endoscopique

prendre une forme trapézoïde (voir figure 1 et 3). L'oreille et le processus mastoïde peuvent aussi être tirés vers le bas⁽¹⁾.

La brachycéphalie : Elle est extrêmement rare (moins de 1%). Elle touche les deux sutures coronales (voir figure 1). Même si plusieurs sutures sont touchées, cette CS est considérée comme non-syndromique, car elle peut apparaître isolément, sans malformation des autres organes associée⁽¹⁾. Néanmoins, si une brachycéphalie venait à être diagnostiquée chez un enfant, des investigations complémentaires génétiques sont obligatoires, car nous retrouvons la brachycéphalie dans les syndromes crânio-faciaux, dont nous parlerons plus loin. Il est important de préciser qu'en raison des deux sutures fusionnées, le risque d'hypertension intracrânienne est majoré⁽²⁰⁾.

Diagnostic différentiel

Le diagnostic différentiel principal des CS non-syndromiques est la plagiocéphalie positionnelle. Cette déformation est totalement bénigne et extrêmement fréquente, il s'agit d'ailleurs de la difformité du crâne la plus fréquente⁽²¹⁾.

Elle consiste en un aplatissement postérieur du crâne de l'enfant, il s'agit donc bien d'une plagiocéphalie (« crâne plat »). Du fait de sa mobilité dans les premiers mois de vie, le crâne subit les forces gravitationnelles consécutives à une position préférentielle du nouveau-né sur le dos et la tête tournée vers la droite ou la gauche. Parfois, l'enfant souffre en outre d'un torticolis qui favorise également la mauvaise position de la tête. Dès lors, le côté sur lequel la tête est posée de façon préférentielle s'aplatit, et l'oreille ainsi que le front ipsilatéraux vont être avancés.

La tête prend alors une forme typique en « parallélogramme », avec un aplatissement postérieur et un bombement frontal ipsilatéral, lorsque regardé depuis le dessus. La distinction entre le parallélogramme de la plagiocéphalie positionnelle s'oppose au trapèze de la plagiocéphalie postérieure secondaire à la synostose lambdoïde (voir figure 3).

Le traitement est conservateur. Il est axé sur des séances de physiothérapie ou d'ostéopathie visant à trouver un positionnement adéquat du bébé, à mobiliser doucement les os du crâne, et traiter le torticollis s'il est présent. En cas d'absence d'amélioration, un casque (orthèse crânienne) peut être prescrit⁽²²⁾.

Craniosténoses syndromiques

Les CS syndromiques restent extrêmement rares dans la population générale. Elles nécessitent une consultation génétique obligatoire et vont nécessiter une prise en charge chirurgicale crânienne et faciale combinée⁽²³⁾. Ces prises en charge sont lourdes et réalisées uniquement dans des centres tertiaires.

Environ 180 syndromes associés à une CS ont été décrits, mais plus de 90 % des patients présentent l'un des syndromes cités ci-dessous. La maladie de Crouzon est la pathologie la plus fréquente, touchant 1 sur 50 000 naissances, et dans 50 % des cas la mutation des gènes *FGRF2* est présente. Ces enfants présentent une oxycéphalie avec un hypertélorisme et un exorbitisme. Ils présentent également une hypoplasie maxillaire. La 2^e plus fréquente est le syndrome d'Apert, où les enfants présentent typiquement une syndactylie des doigts et des orteils associée à une oxycéphalie ou une brachycéphalie. Le gène *FGRF2* est muté dans 98 % des cas.

Encore plus rarement, de l'ordre de moins de 1 sur 100 000 naissances, nous retrouvons le syndrome de Pfeiffer, le syndrome de Saethre – Schotzen ou le syndrome de Muenke^(15,23).

Traitement chirurgical des craniosténoses

Lorsque le diagnostic est posé, le traitement est chirurgical. Celui-ci doit permettre de libérer la ou les sutures impliquées pour permettre le bon développement du cerveau en évitant l'HTIC, et secondairement rétablir une forme harmonieuse du crâne⁽²⁴⁾. La prise en charge chirurgicale permet à court et à long terme d'améliorer les fonctions neurologiques et neuro-cognitives, ainsi que le développement psychomoteur général de l'enfant⁽²⁵⁾.

Les techniques varient en fonction des sutures fusionnées et nécessitent au minimum d'enlever la suture malade⁽²⁴⁾. Les résultats sont bons avec un taux de complications inférieur à 5 %. Une transfusion peropératoire est le plus souvent nécessaire⁽²⁶⁾.

Il existe à l'heure actuelle deux types de prise en charge chirurgicale, qui dépendent de l'âge de l'enfant au diagnostic (voir tableau 2). La chirurgie minimale invasive (voir figure 4), à l'aide d'un endoscope, se fait idéalement avant l'âge de 5 mois, de préférence vers 3 mois. Son principe fondamental est l'ablation unique de la suture soudée, tôt dans le développement, puis la croissance cérébrale se fait naturellement⁽²⁷⁾. Les chirurgies endoscopiques sont systématiquement suivies du port d'un casque durant maximum un an après la chirurgie. Les bénéfices de cette prise en charge endoscopique sont un temps d'hospitalisation plus court, un taux de transfusion plus faible, et des incisions plus petites⁽²⁶⁾. Les autres techniques plus classiques, dites « ouvertes » (voir figure 4), permettent de corriger la ou les sutures soudées et de réaliser des gestes

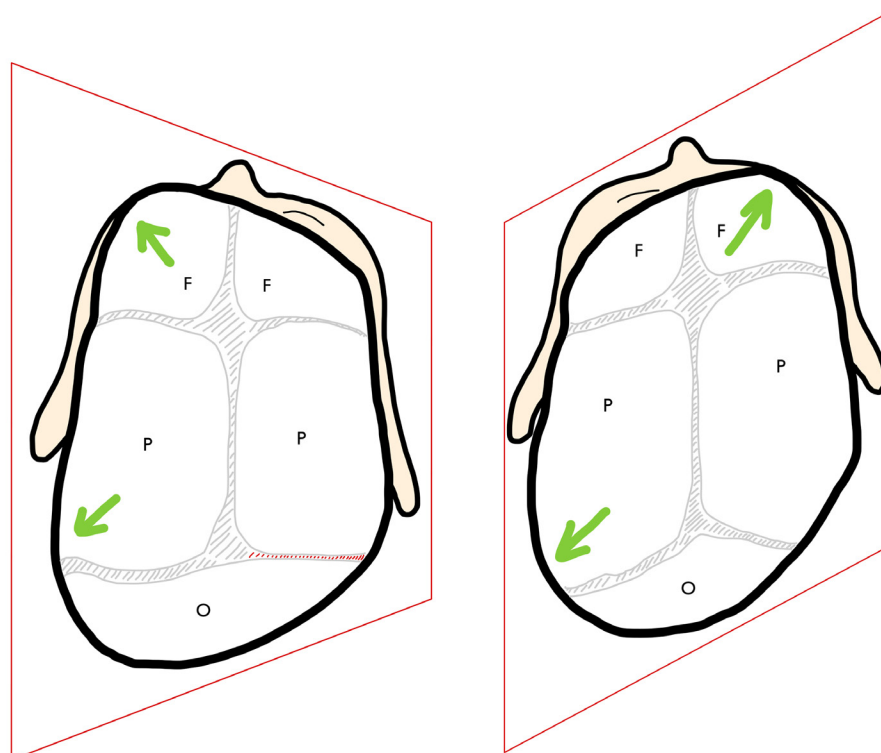


Figure 4. Plagiocéphalie d'origine lambdoïde (trapèze) vs Plagiocéphalie positionnelle (parallélogramme)

Formation continue

complémentaires comme l'avancement du bandeau fronto-orbitaire. Elles nécessitent donc une incision large, dite « bi-coronale », s'étendant d'une oreille à l'autre. Ces chirurgies sont dès lors plus lourdes et associées à un taux de transfusion beaucoup plus élevé, et une hospitalisation plus longue⁽²⁶⁾. En contrepartie, les résultats esthétiques sont quasiment immédiats car la forme de la tête est modifiée dès la fin de l'intervention et l'enfant n'aura pas besoin d'une orthèse crânienne en post-opératoire⁽²⁷⁾.

Lors des consultations de suivi des patients opérés, nous veillons à l'importance du développement de l'enfant, mais aussi au résultat esthétique de la prise en charge chirurgicale. L'évaluation esthétique postopératoire est axée sur la persistance d'une petite crête osseuse, d'une dépression osseuse ou d'une alopecie sur le trajet cicatriciel de la chirurgie.

Depuis 2022, nous évaluons nos résultats esthétiques en prenant aussi l'avis des parents, puisqu'il a été prouvé qu'ils étaient plus sensibles à la détec-

tion de défaut esthétique. Nous utilisons la classification de Lausanne⁽²⁸⁾, en cinq points et décrite dans le *tableau 3*.

Protocole ERAS® pour les craniosténoses

ERAS® signifie « enhanced recovery after surgery ». Ces dernières années, le programme ERAS® a prouvé son efficacité pour améliorer la récupération postopératoire dans de nombreuses spécialités chirurgicales. Depuis 2022, le service de neurochirurgie pédiatrique du CHUV a été le premier à établir un protocole ERAS® pour la chirurgie des craniosténoses. Depuis, notre service a obtenu le label de service « certifié ERAS® »⁽²⁹⁾.

Concrètement, ce protocole, appliqué à l'ensemble des enfants bénéficiant d'un remodelage de craniosténose, a pour but d'améliorer la prise en charge du patient en diminuant les complications et la durée de l'hospitalisation, de manière multidisciplinaire.

La collaboration entre spécialistes est une condition sine qua non pour la réussite du programme ; outre

	Chirurgie endoscopique	Chirurgie ouverte
Principe chirurgical	Ablation de la synostose, croissance dictée par le cerveau	Ablation de la synostose ET correction du reste de la voûte crânienne
Caractéristiques de l'incision	Minimale et localisée : 2–3 cm	D'une oreille à l'autre (bi-coronale)
Âges recommandés	Entre 3 et 5 mois	> 6 mois
Port du casque	Obligatoire, entre 6 mois et 1 an	Non
Transfusion sanguine per ou post-opératoire	Rare	Fréquent
Durée d'hospitalisation (jours)	3	5

Tableau 2. Différences entre la technique ouverte et la technique endoscopique dans le traitement des craniosténoses.

Classification	Description
0	Résultat esthétique optimal
1A	Défaut mineur cutané, sans perfectionnement ni révision chirurgicale jugée souhaitable ou nécessaire
1B	Défaut mineur osseux, sans perfectionnement ni révision chirurgicale jugée souhaitable ou nécessaire
2A	Révision des tissus mous souhaitable, qu'elle soit effectuée ou non
2B	Révision du défaut osseux ou de son contour, qu'elle soit effectuée ou non
3	Remodelage de la voûte non-satisfaisant pour le patient, avec nécessité ou réalisation d'ostéotomies / greffes osseuses majeures
4	Remodelage de la voûte non-satisfaisant pour le patient, entraînant une intervention majeure reproduisant ou dépassant la chirurgie initiale

Tableau 3. Classification de Lausanne du résultat esthétique post opératoire après une chirurgie de craniosténose.

le neurochirurgien pédiatrique, le protocole ERAS® fait intervenir une infirmière spécialisée, les pédiatres, les anesthésistes, les intensivistes, le généticien ...

Le principe est de faire participer les parents dans la prise en charge chirurgicale durant les trois phases : pré-, per- et post-opératoires. Une brochure explicative (voir *online* : annexe 1) a ainsi été élaborée, impliquant pleinement les parents dans cette prise en charge. Un-e infirmier-e spécialisé-e ERAS® participe activement au projet, permettant la bonne compréhension du protocole par les parents lors d'une consultation spécialisée. Cette consultation sert à répondre à l'ensemble des questions des parents et faire une visite des lieux d'hospitalisation. Ceci permet de diminuer le stress préopératoire et d'améliorer la communication, et à fortiori la prise en charge. En phase per- et post-opératoire, l'infirmière référente v® s'assure enfin du bon déroulement et du respect de toutes les étapes du protocole par l'équipe médicale et soignante. Depuis son instauration en 2022, dix patients ont été inclus. Comparativement aux 35 patients du groupe contrôle, la compliance au protocole ERAS® a permis de diminuer la durée d'hospitalisation sans augmenter le taux de réadmission à 1 mois post-opératoire. Nous avons également observé une diminution du taux de complications, sans différence statistiquement significative. Les coûts de prise en charge hospitalière ont également diminués⁽³⁰⁾.

Ceci nous a permis de diminuer la durée d'hospitalisation des enfants à 3 jours lorsqu'ils bénéficient d'un remodelage par voie endoscopique et à 5 jours lorsqu'ils bénéficient d'un remodelage par voie ouverte.

Conclusion

Les CS sont des malformations congénitales rares. Elles nécessitent une prise en charge multidisciplinaire impliquant évidemment le neurochirurgien, mais également les pédiatres, les chirurgiens pédiatres, les spécialistes de soins intensifs, les chirurgiens maxillo-faciaux et les anesthésistes. La collaboration et le travail d'équipe sont donc primordiaux.

Pour la bibliographie, veuillez consulter notre version en ligne de l'article.

Auteurs

Dr med. Mahmoud Messerer, Division de neurochirurgie, Département des neurosciences cliniques, Hôpital universitaire de Lausanne, Lausanne

Dr med. Camille Niederhauser, Division de neurochirurgie, Département des neurosciences cliniques, Hôpital universitaire de Lausanne, Lausanne

Dr med. Ethan Harel, Division de neurochirurgie, Département des neurosciences cliniques, Hôpital universitaire de Lausanne, Lausanne

Les auteurs n'ont déclaré aucun lien financier ou personnel en rapport avec cet article.