

Statusartikel

Fjederassisteret kranioplastik til børn med kraniosynostose

Lasse Cramer Ahrens¹, Gorm von Oettingen¹, Torben Skovbo Hansen¹, Sven Erik Nørholt², Johan Blomlöf², Signe Beck-Nielsen^{3, 4}, Brian Nauheimer Andersen³ & Baskaran Ketharanathan¹

1) Hjerne- og Rygkirurgi, Aarhus Universitetshospital, 2) Tand-, Mund-, Kæbekirurgi, Aarhus Universitetshospital, 3) Center for Sjældne Sygdomme, Aarhus Universitetshospital, 4) Institut for Klinisk Medicin, Aarhus Universitet

Ugeskr Læger 2025;187:V03240201. doi: 10.61409/V03240201

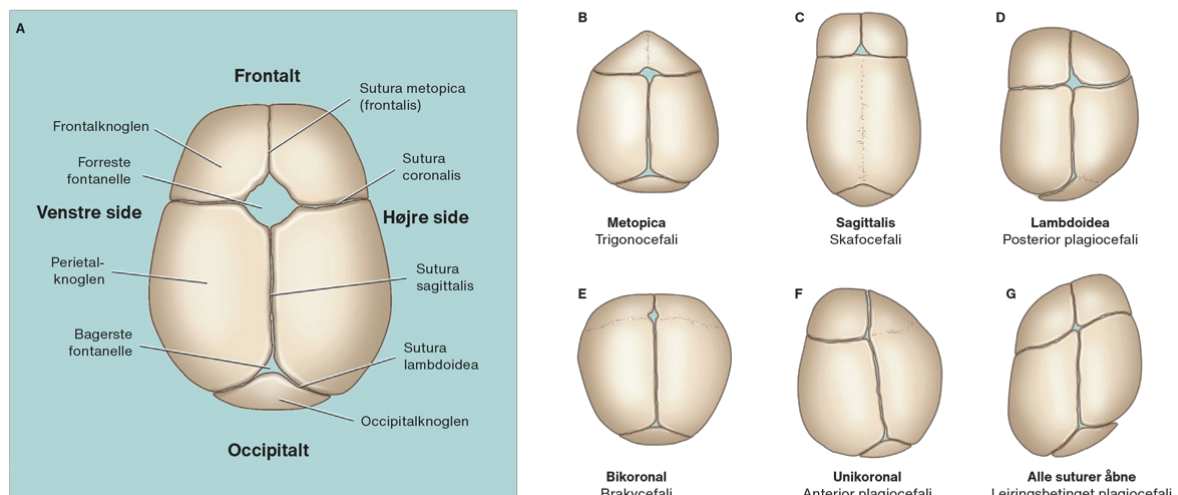
HOVEDBUDSKABER

- Fjederassisteret kranioplastik er en minimal invasiv teknik til behandling skafocefali.
- Teknikken reducerer operationstid, indlæggelsestid samt rekonvalescensen sammenlignet med konventionel kirurgi.
- Teknikken er mere skånsom og muliggør tidligere intervention sammenlignet med konventionel kirurgi.

Kranieknoglerne er sammenholdt af et fibrøst bindevævslag, som betegnes suturer. Sutura metopica, sutura sagittalis, sutura coronalis og sutura lambdoidea er de største og mest betydende for kraniets vækst (**Figur 1 A**) [1]. Suturerne tillader ekspansion og modellering af kraniet, hvilket er nødvendigt, da en stor del af hjernens udvikling foregår det første leveår og allerede har opnået op mod 80% af sin størrelse i andet leveår [2]. Kraniosynostose (KS) betegner en lidelse med præmatur lukning af én eller flere suturer.

FIGUR 1 Illustration af det normale kranium og forskellige typer af kraniosynostoser. **A.** Den normale kraniefacon og anatomiske strukturer. **B.** Præmatur lukning af sutura metopica medfører trekantet/spids hovedfacon frontalt. **C.** Præmatur lukning af sutura sagittalis medfører aflangt (anterior-posterior plan) smalt kranium med frontal bossing (kaldet skafocefali eller bådformet kranium). **D.** Præmatur lukning af ensidig sutura lambdoidea medfører ipsilateral affladning frontalt og occipitoparietalt samt kontralateral bossing frontalt og occipitoparietalt. **E.** Præmatur lukning af sutura coronalis bilateralt medfører kort (anterior-posterior plan) og bredt kranium bitemporalt (kaldet brakycefali). **F.** Præmatur lukning af ensidig sutura coronalis medfører ipsilateral frontal affladning og kontralateral frontal bossing. **G.** Kraniefacon ved lejringsbetinget skævhed (lejringsbetinget plagiocefali – bemærk alle suturer er åbenstående). Dette resulterer i en ipsilateral frontal bossing og affladning occipitoparietalt (parallelogramforskydning).

Billedet er redigeret og bragt med tilladelse fra Dove Medical Press Ltd. og Texas Children's Hospital.



Vi ønsker med denne artikel at fokusere på en ny minimal invasiv operationsteknik, der anvendes til præmatur fusion af sutura sagittalis.

Kraniedeformiteter

Årsager til kraniedeformitet skyldes 1) kraniosynostose eller 2) lejringsbetinget skævhed.

Kraniosynostose

KS forekommer hos ca. 1 ud af 2.000-2.500 nyfødte [3, 4]. Klinisk forekommer sygdommen ved en abnorm hovedfacon med karakteristiske træk afhængig af den afficerede sutur (Figur 1 B-F). Til kvantificering af kraniets facon bruges også udtrykket cefaliindeks (CI). $CI = (\text{kraniets bredde/længde}) \times 100$. Referenceområdet er 76-83,4 (mesocefali) [5]. I sjældne tilfælde viser diagnosen sig akut med tegn på forhøjet intrakranielt tryk (ICP) f.eks. vedvarende natlige opvågninger, gentagne opkastninger, solnedgangsblik og stigende hovedomfang. Der kan ses påvirkede neurokognitive funktioner som psykomotorisk udviklingshæmning og indlæringsvanskeligheder [6, 7].

Typer og inddeling af kraniosynostose

Der findes flere forskellige måder at inddele KS på: 1) suturbaseret, 2) ætiologisk, herunder a) nonsyndromal og b) syndromal.

Suturbaseret inddeling

KS kan inddeles ud fra den afficerede sutur og den deraf tilhørende karakteristiske hovedfacon, som kan navngives. En oversigt ses i Figur 1 B-F.

De hyppigst involverede suturer ved KS er:

Sagittalis (40-61%)

Coronalis (17-29%)

Metopica (24-28%)

Lambdoidea (2-5%) [3, 4, 6, 8].

Den hyppigste type med isoleret påvirkning af sutura sagittalis kaldes også skafocefali (bådkranium) grundet de kliniske tegn med prominent pande (frontal bossing) og aflang smal hovedfacon (dolikocefali) (Figur 1 C + Figur 2 A). Tilstanden er fire gange hyppigere hos drenge end piger [6].

FIGUR 2 Præ- og postoperative kliniske fotografier af 4,3 måneder gammel dreng med skafocefali, som er behandlet med fjederassisteret kranioplastik på Aarhus Universitetshospital. **A.** Præoperative fotografier med klassisk frontal bossing (grønne pile) og aflang smal hovedfacon. **B.** 13 dage postoperativt med indsat fjeder. **C.** 230 dage postoperativt ses, at fjederen er fjernet, og behandlingen har medført betydelig reduktion af frontal bossing og normaliseret hovedfacon. Fotos bringes med patientens forældres tilladelse.



Nonsyndromal kraniosynostose

Ætiologisk opdeles KS i nonsyndromal og syndromal. Størstedelen (75-92%) af kraniosynostoser opstår sporadisk og betegnes som nonsyndromal [1, 9]. Klinisk har hovedparten (91-95%) af de nonsyndromale tilfælde kun involvering af én enkelt sutur (Figur 1 B-F) [3, 8]. Kun i få tilfælde (< 5-9%) ses påvirkning af multiple suturer. Den kognitive udvikling er oftest normal. Hvorvidt der er én direkte sammenhæng hos børn med nonsyndromal KS og forsinket eller reduceret kognitiv udvikling, er ikke entydig [9, 10].

Syndromal kraniosynostose

En mindre andel (8-25%) af kraniosynostoser adskiller sig fra de sporadiske tilfælde ved at have en genetisk årsag og betegnes derfor som syndromal KS. Ofte skyldes det kromosomale mutationer eller en mutation i et enkeltgen i bl.a. fibroblast growth factor receptor, betegnet FGFR 1-3, og TWIST-related protein 1 [1, 4]. KS ses bl.a. ved Pfeiffers-, Crouzons-, Aperts-, og Loeys-Dietz' syndrom [1, 4].

Klinisk har denne gruppe oftest påvirkning af multiple suturer og afhængig af syndrom også medfølgende skeletdeformiteter bl.a. af ansigtsknogler samt abnormiteter i andre organer.

Forhøjet ICP forekommer langt hyppigere ved multisynostoser og i forbindelse med syndromer [7, 9, 11]. Årsagen til forhøjet ICP menes at være multifaktoriel dels på baggrund af ubalance mellem kranie- og cerebrumforholdet, dels ledsagende tilstande som hydrocefalus, venøse afløbshindringer og obstruktiv søvnapnø, som alle forekommer hyppigere ved syndromal KS [7]. Den kognitive udvikling er oftest påvirket hos denne gruppe [9, 10].

Lejringsbetinget skævhed

Den hyppigste årsag til kraniedeformitet hos børn er lejringsbetinget skævhed (plagiocefali), som ikke skal forveksles med KS. Modsat KS er alle suturer stadig åbentstående. Klinisk ses parallelogramforskydning med ipsilateral frontal bossing og afladet baghoved (Figur 1 G) [12]. Årsagen er ofte vedvarende tryk grundet lejrning i samme position. Der er som udgangspunkt ikke behov for kirurgisk behandling.

Behandling

Behandling indebærer typisk kirurgisk korrektion inden 12-månedersalderen med det formål at sikre hjernens udvikling samt kosmetisk korrigerende af en kraniedeformitet, som ellers kan få negative psykologiske konsekvenser for barnets udvikling [7, 11].

Den kosmetiske effekt ved operation er veldokumenteret både klinisk og kvantitativt ved CI. Derimod er effekten på neurokognitive funktioner mere kontroversiel og baseret på et lavt evidensniveau samt mange forskellige måder at opgøre kognitivt outcome på [9, 10].

Behandlingen foregår på Aarhus Universitetshospital (AUH) og Rigshospitalet (RH) i et multidisciplinært samarbejde mellem pædiatere, neurokirurger, kæbekirurger og biomedicinske ingeniører.

Overordnet kan behandlingsmetoderne opdeles i:

- 1) åben kranieremodellering (ÅKR)
- 2) minimale invasive teknikker: endoskopisk eller fjederassisteret kranioplastik.

Den konventionelle operationsmetode i Danmark har de sidste mange år været ÅKR, men for nyligt har man introduceret fjederassisteret kranioplastik (FAK). ÅRK og endoskopisk behandling kan anvendes ved alle typer synostose inkl. multisynostoser og syndromer. FAK anvendes hovedsageligt til nonsyndromal enkeltsynostose af sutura sagittalis, som også er den eneste indikation i Danmark [7]. I det følgende afsnit beskrives de forskellige operationsteknikker til denne tilstand med fokus på FAK. Endoskopisk assisteret kranioplastikbehandling

anvendes ikke i Danmark. Hver operationsmetode har fordele og ulemper (Tabel 1).

TABEL 1 Oversigt over nøgleparametre ved de forskellige operationsmetoder. Data er fra studier i denne artikel.

Kriterier	Åben kranieremodelling	Minimalt invasiv teknik: fjederassisteret kranioplastik	Signifikant forskel påvist ^a
<i>Indikation</i>			-
Syndromal vs. nonsyndromal	Alle typer	Kun nonsyndromal	
Enkelt sutur/multiple suturer	Alle typer	Kun enkelt sutur	
Akut	Ja	Nej	
Præoperativ 3D-planlægning	Ja	Nej	-
Timing af operation	Efter 6-månedersalderen ^c	Før 6-månedersalderen	-
Kirurgitid, min	Lang: 121-174	Kort: 30-104	Ja
Indlæggelsestid, gennemsnit (spændvidde), dage	Lang, ofte 3-5 (3,2-7,1)	Kort, ofte 1-2 (0,9-6,1)	Ja
Blodtab, peroperativt, gennemsnit spændvidde, ml	Stort, ofte ca. 238 (113-425)	Lavt, ofte ca. 47 (0-170)	Ja
<i>Blodtransfusioner</i>			
Hyppighed, %	Ofte påkrævet: 40-83	Sjældent påkrævet: 0-8	Ja
Volumen, ml	97-355	0-143	Ja
Postoperativt forløb	Ofte svær hævelse og morfikkkrævende smerter	Sjældent hævelse eller morfikkkrævende smerter	-
Ar	Stort: bikoronalt fra øre til øre	Lille: ca. 8 cm bikoronalt	-
Komplikationsrate, %	0-8	5,3-9	Nej
Reoperation ^b , hyppighed, gennemsnit (spændvidde), %	Ca. 2,3	Ca. 3,8 (2,3-6,9)	Nej

a) Mellem operationsmetoderne i studier, som indgår i denne artikel.

b) Komplikation/utilfredsstillende resultat.

c) Kan udføres før ved indikation.

Operationsmetoder

Åben kranieremodelling

ÅKR-operationen anvendes primært hos børn ældre end seks måneder (men kan anvendes helt op i voksenalderen), eller hvis der er behov for øjeblikkelig forøgelse af intrakranielt volumen, f.eks. ved forhøjet ICP [7]. Præoperativt planlægges operationen virtuelt med 3D-rekonstruktion, hvilket giver et meget forudsigeligt og stabilt kosmetisk resultat, da man remodellerer kraniet direkte til den ønskede form.

Operationen består af en bikoronal incision fra øre til øre efterfulgt af bilaterale osteotomier parallelt med sutura sagittalis. Perpendikulært på sutura sagittalis laves 3-4 osteotomier i parietalknoglerne, hvilket muliggør en breddeøgning af kraniet. Ved udtalt frontal bossing kombineres dette med udsavning af frontalknoglen i to trekantede stykker, som tilpasses for at reducere den øgede fylde i panden. Den ønskede form fikseres med resorberbare osteosynteseplader i knoglerne [13].

Operationen tager omkring 2-3 timer (4-5 timer inkl. anæsthesitid). Blodtabet er i gennemsnit 23 ml/kg intraoperativt og 32 ml/kg de første 24 timer postoperativt, hvorfor peroperative blodtransfusioner er påkrævede hos op mod 83% af patienterne [14, 15]. De første dage postoperativt ses ofte hævelse under huden og omkring øjnene samt behov for morphinkrævende smertebehandling. Den samlede indlæggelsestid er 3-4 døgn [16].

Endoskopisk operation

Operationen anvendes typisk til yngre børn under seks månedersalderen. Gennem to tværgående incisioner på ca. 3 cm ved den forreste og bagerste fontanelle laves to borehuller i kraniet for at få adgang til det epidurale rum. Med endoskopisk videoopsyn fridissekteres dura fra kraniet, hvorefter der laves kraniektomi af sutura sagittalis. Efterfølgende behandling med hjelm i op til et år er nødvendigt. Hjelmen er designet til at have tæt kontakt med kraniet fraset den retning, man ønsker vækst. Den skal bæres 23 timer i døgnet og kræver derfor en høj kompliance fra familien. Der er behov for hyppige tilretninger ved bandagist for at undgå sårproblemer og

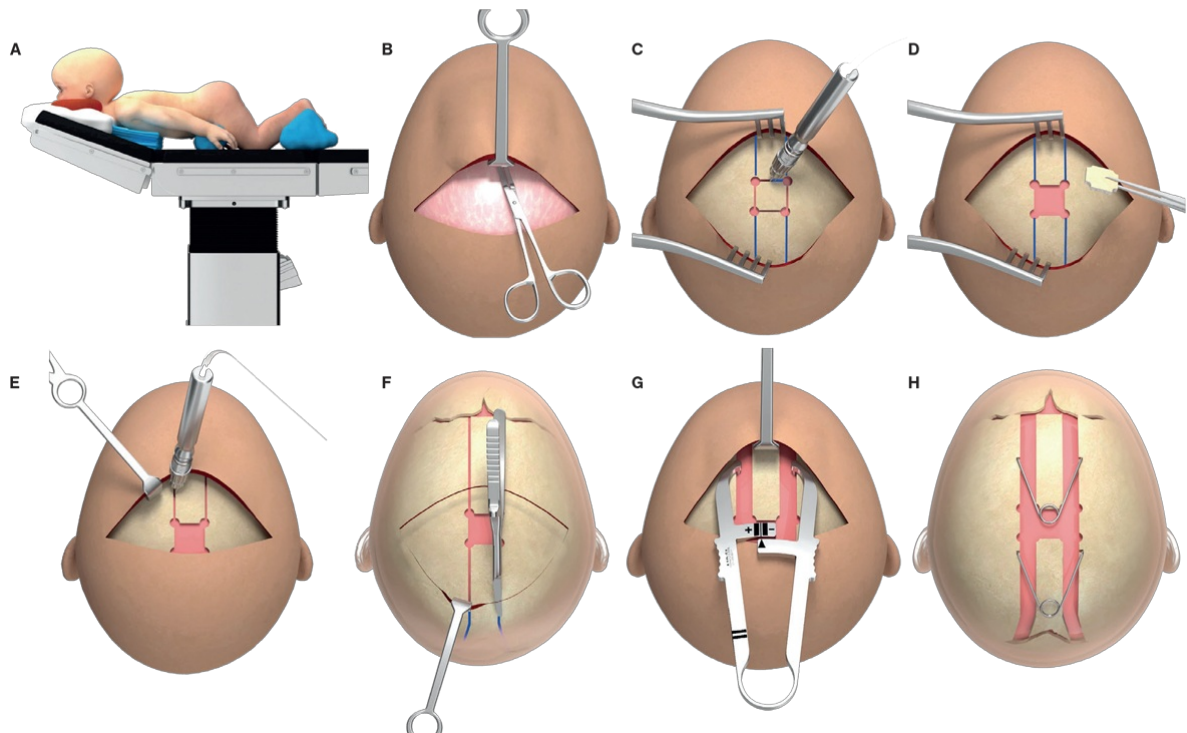
sikre vækstreningen. I et systematisk review er det påvist, at endoskopi oftere påkræver blodtransfusioner sammenlignet med FAK [17].

Fjederassisteret kranioplastik

Fjederassisteret kranioplastik (FAK) er egnet til simple enkeltsynostoser, hvor der ikke er behov for korrektion af multiple suturer eller ansigtsdeformiteter. Modsat ÅRK er operationen normalt kun effektiv hos børn yngre end seks måneder, hvor kranieknoglerne stadig er elastiske og kan remodelles over tid ved at frigøre den fusionerede sutur og anvende en fjeder til distraktion. Klinisk resultat af teknikken illustreres i Figur 2 [7, 18].

Proceduren blev første gang beskrevet af Lauritzen et al. i 1998 [19]. Ved proceduren åbnes i en tværgående incision på ca. 8 cm over sutura sagittalis. Kraniet åbnes ved fire små borehuller, hvorefter der udsaves en mindre kraniektomi. To osteotomier foretages parallelt med sutura sagittalis fra sutura coronalis til sutura lambdoidea. Én eller to fjedre med passende kraft placeres over osteotomierne for at muliggøre lateral ekspansion af kraniet (**Figur 3**) [20]. Fjedrene fjernes ved en mindre operation ca. tre måneder efter indsættelsen.

FIGUR 3 Illustration af fjederassisteret kranioplastik. **A.** Barnet placeres i sfinksposition. **B.** Huden åbnes ved en ca. 8 cm bred incision og løsnes fra kraniet. **C + D.** Kraniet åbnes ved fire små borehuller og efterfølgende udsaves mindre kraniektomi. **E + F.** To osteotomier laves parallelt med sutura sagittalis mellem sutura coronalis og sutura lambdoidea. **G.** Afmåling af korrekt fjederkraft. **H.** Korrekt placeret fjedre. Billedet er redigeret og bragt med tilladelse fra KLS Martin SE & Co. KG, Tuttlingen.



Ved fjederindsættelse er kirurgitiden omkring en time og anæstesitiden 2-3 timer, hvilket er i overensstemmelse med erfaring på AUH [20, 21]. Indlæggelsestiden er 1-2 dage [20]. Blodtabet er i gennemsnit 70 ml [21], og der er kun behov for blodtransfusion hos 8% af patienterne [20].

Ved fjederfjernelse er kirurgitiden i gennemsnit 31-37 min. og anæstesitiden 1-1,5 time [20]. Ofte udføres operationen som dagkirurgi [20]. Blodtabet er i gennemsnit 20 ml [21], og kun 1% har behov for blodtransfusion [20].

Sammenligning af fjederassisteret kranioplastik og åben kranieremodellering

Ét prospektivt og to retrospektive studier, der direkte sammenligner FAK og ÅKR, finder, at FAK er forbundet med signifikant lavere kirurgitid, anæstesitid, indlæggelsestid, observation på intensiv, blodtab og antal blodtransfusioner [16, 22, 23]. Dette understøttes af en metaanalyse, som finder, at kirurgitiden er signifikant kortere (97,2 vs. 170 min.), blodtabet mindre (47,3 vs. 237,7 ml), indlæggelsestiden kortere (2,96 vs. 5,13 dage) og samlet set lavere omkostninger ved de minimalt invasive teknikker sammenlignet med ÅKR [24]. Der er ingen signifikant forskel i antallet af komplikationer eller reoperationer [23, 24]. Komplikationer indebærer bl.a. duralæsioner, blødning fra sinus sagittalis, epidurale/subdurale hæmatomer, cerebrospinalvæskelækage samt infektioner [14, 20, 21]

Kirurgiske effekter

I flere kohortestudier er det påvist, at FAK forbedrer CI signifikant [20, 21, 25]. En metaanalyse viser ingen signifikant forskel mellem FAK eller ÅKR i ændringen af præ- og postoperativ CI [24]. Ved seksårs follow-up ses heller ikke signifikant forskel på ændringen i CI mellem FAK og ÅKR [23].

Forældrene til børn behandlet med FAK er tilfredse med det kosmetiske resultat og vil anbefale operationen til andre og gennemgå indgrebet igen [22]. Bedømt ved præ- og postoperative fotografier er der signifikant bedring ved FAK [21].

Vedrørende langtidsvirkningen af ÅRK og FAK på neurokognitive funktioner er alle sammenligningsstudier både retrospektive og med lavt evidensniveau. Desuden vurderer de neurokognitive funktioner på forskellige parametre. Børn behandlet med FAK har intelligenskvotient (IQ) som normalbefolkningens. Andelen af børn, som har behov for støtte i skolen, er ens ved behandling med FAK eller ÅRK [26-28].

To retrospektive studier har vist, at operation i tidlig alder medfører bedre CI ved både ÅKR og FAK [25, 29]. I et retrospektivt studie er det ligeledes påvist, at operation i 0-6 månedersalderen medfører bedre IQ og indlæringssevner sammenlignet med operation efter seksmånedersalderen [30].

Konklusion

FAK kan foretages hos patienter med nonsyndromal isoleret sagittal synostose før seksmånedersalderen. FAK giver et tilfredsstillende kosmetisk resultat og er en ligeværdig behandling sammenlignet med konventionel ÅKR vurderet på postoperativ CI og komplikationsrate. Den neurokognitive udvikling efter FAK er sammenlignelig med baggrundsbefolkningen. FAK har sammenlignet med konventionel ÅKR en række fordele: kortere kirurgitid, anæstesitid og indlæggelse på hospitalet samt mindre blodtab og behov for blodtransfusioner, hvilket nedsætter det fysiologiske stress peroperativt. Studier viser, at operation i tidlig alder har gavnlig effekt på CI og neurokognitiv udvikling. Man skal dog være opmærksom på, at den eksisterende litteratur udgøres af ikke-randomiserede studier.

Korrespondance Lasse Cramer Ahrens. E-mail: Lassecramerahrens@hotmail.com; lasahr@rm.dk

Antaget 13. februar 2025

Publiceret på ugeskriftet.dk 17. marts 2025

Interessekonflikter SBN oplyser personligt honorar og bevilling fra firma Kyowa Kirin, deltager i advisory board hos firma Kyowa Kirin samt deltager i Data Safety Monitoring Board hos firma Inozymes. Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på ugeskriftet.dk

Taksigelser Dove Medical Press Ltd., Figur 1, Texas Children's Hospital, Figur 1, KLS Martin SE & Co. KG, Tuttlingen, Figur 3

Referencer findes i artiklen publiceret på ugeskriftet.dk

Artikelreference Ugeskr Læger 2025;187:V03240201.

doi 10.61409/V03240201

Open Access under Creative Commons License [CC BY-NC-ND 4.0](#)

SUMMARY

Spring-assisted cranioplasty for children with craniosynostosis

Premature closure of the sutures, craniosynostosis, can lead to severe complications when untreated. Spring-assisted cranioplasty has some advantages compared to calvarial vault remodelling e.g. less blood loss and reduced operative time. In this review, we describe the novel treatment of nonsyndromic sagittal synostosis with spring-assisted cranioplasty and compare it to cranial vault remodelling, which has been the standard treatment for many years.

REFERENCER

1. Governale LS. Craniosynostosis. *Pediatr Neurol.* 2015;53(5):394-401.
2. Thwin M, Schultz TJ, Anderson PJ. Morphological, functional and neurological outcomes of craniectomy versus cranial vault remodeling for isolated nonsyndromic synostosis of the sagittal suture: a systematic review. *JBIM Database System Rev Implement Rep.* 2015;13(9):309-368. <https://doi.org/10.11124/jbisrir-2015-2470>
3. Di Rocco F, Arnaud E, Renier D. Evolution in the frequency of nonsyndromic craniosynostosis. *J Neurosurg Pediatr.* 2009;4(1):21-5. <https://doi.org/10.3171/2009.3.PEDS08355>
4. Kimonis V, Gold JA, Hoffman TL et al. Genetics of craniosynostosis. *Semin Pediatr Neurol.* 2007;14(3):150-161. <https://doi.org/10.1016/j.spen.2007.08.008>
5. Bendon CL, Sheerin FB, Wall SA, Johnson D. The relationship between scaphocephaly at the skull vault and skull base in sagittal synostosis. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014;42(3):245-9. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2013.05.009>
6. Dempsey RF, Monson LA, Maricevich RS et al. Nonsyndromic Craniosynostosis. *Clin Plast Surg.* 2019;46(2):123-139. <https://doi.org/10.1016/j.cps.2018.11.001>
7. Mathijssen IMJ. Updated guideline on treatment and management of craniosynostosis. *J Craniofac Surg.* 2021;32(1):371-450. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000007035>
8. Kolar JC. An epidemiological study of nonsyndromal craniosynostoses. *J Craniofac Surg.* 2011;22(1):47-9. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e3181f6c2fb>
9. Kalmar CL, Lang SS, Heuer GG et al. Neurocognitive outcomes of children with non-syndromic single-suture craniosynostosis. *Childs Nerv Syst.* 2022;38(5):893-901.
10. Olsson K, Engman J, Nowinski D et al. Cognitive Development in Single-Suture Craniosynostosis - A Systematic Review. *Dev Neuropsychol.* 2023;48(5):215-247. <https://doi.org/10.1007/s00381-022-05448-0>
11. Wall SA, Thomas GPL, Johnson D et al. The preoperative incidence of raised intracranial pressure in nonsyndromic sagittal craniosynostosis is underestimated in the literature. *J Neurosurg Pediatr.* 2014;14(6):674-81. <https://doi.org/10.3171/2014.8.PEDS1425>
12. Leif Christensen, Østergaard JRØ, Nørholt SE. Lejringsbetinget plagiocefali. *Ugeskr Læger.* 2003;165:46-5. <https://ugeskriftet.dk/videnskab/lejringsbetinget-plagiocefali>
13. De Praeter M, Nadjmi N, Reith FCM et al. Is there an advantage to minimizing surgery in scaphocephaly? a study on extended strip craniectomy versus extensive cranial vault remodeling. *J Craniofac Surg.* 2019;30(6):1714-1718. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000005516>
14. Baker CM, Ravindra VM, Gociman B et al. Management of sagittal synostosis in the synostosis research group: baseline data and early outcomes. *Neurosurg Focus.* 2021;50(4):E3. <https://doi.org/10.3171/2021.1.FOCUS201029>

15. D'Amore AL, Rasmussen M, Christensen L et al. Intra- and postoperative blood loss and transfusion requirements in children undergoing craniofacial surgery. *J Craniofac Surg.* 2019;30(6):1798-1801. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000005492>
16. David LR, Plikaitis CM, Couture D et al. Outcome analysis of our first 75 spring-assisted surgeries for scaphocephaly. *J Craniofac Surg.* 2010;21(1):3-9. <https://doi.org/10.1097/SCS.0b013e3181c3469d>
17. Valetopoulou A, Constantinides M, Eccles S et al. Endoscopic strip craniectomy with molding helmet therapy versus spring-assisted cranioplasty for nonsyndromic single-suture sagittal craniosynostosis: a systematic review. *J Neurosurg Pediatr.* 2022;30(4):455-462. <https://doi.org/10.3171/2022.7.PEDS2232>
18. Lauritzen CGK, Davis C, Ivarsson A et al. The evolving role of springs in craniofacial surgery: the first 100 clinical cases. *Plast Reconstr Surg.* 2008;121(2):545-554. <https://doi.org/10.1097/01.prs.0000297638.76602.de>
19. Lauritzen C, Sugawara Y, Kocabalkan O, Olsson R. Spring mediated dynamic craniofacial reshaping. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg.* 1998;32(3):331-8. <https://doi.org/10.1080/02844319850158697>
20. Rodgers W, Glass GE, Schievano S et al. Spring-Assisted cranioplasty for the correction of nonsyndromic scaphocephaly: a quantitative analysis of 100 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg.* 2017;140(1):125-134. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000003465>
21. van Veelen MC, Kamst N, Touw C et al. Minimally invasive, spring-assisted correction of sagittal suture synostosis: technique, outcome, and complications in 83 cases. *Plast Reconstr Surg.* 2018;141(2):423-433. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000004037>
22. Windh P, Davis C, Sanger C et al. Spring-assisted cranioplasty vs pi-plasty for sagittal synostosis--a long term follow-up study. *J Craniofac Surg.* 2008;19(1):59-64. <https://doi.org/10.1097/scs.0b013e31815c94c8>
23. Runyan CM, Gabrick KS, Park JG et al. Long-term outcomes of spring-assisted surgery for sagittal craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg.* 2020;146(4):833-841. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000007168>
24. Gerety PA, Basta MN, Fischer JP, Taylor JA. Operative management of nonsyndromic sagittal synostosis: a head-to-head meta-analysis of outcomes comparing 3 techniques. *J Craniofac Surg.* 2015;26(4):1251-7. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000001651>
25. Shakir S, Humphries LS, Kalmar CL et al. Hope springs eternal: insights into the durability of springs to provide long-term correction of the scaphocephalic head shape. *J Craniofac Surg.* 2020;31(7):2079-2083. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000006815>
26. Chandler L, Allam O, Park KE et al. Spring-assisted strip craniectomy versus cranial vault remodeling: long-term psychological, behavioral, and executive function outcomes. *J Craniofac Surg.* 2020;31(7):2101-2105. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000006806>
27. Alperovich M, Runyan CM, Gabrick KS et al. Long-term neurocognitive outcomes of spring-assisted surgery versus cranial vault remodeling for sagittal synostosis. *Plast Reconstr Surg.* 2021;147(3):661-671. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000007640>
28. Chowdhury AM, Patel R, Silva AHD et al. Sagittal synostosis: does choice of intervention and its timing affect the long-term aesthetic and neurodevelopmental outcome? a single-institution study of 167 children. *J Neurosurg Pediatr.* 2022;31(2):169-178. <https://doi.org/10.3171/2022.10.PEDS22135>
29. Frostell A, Haghighi M, Bartek JJ et al. Improved cephalic index following early cranial vault remodeling in patients with isolated nonsyndromic sagittal synostosis. *Neurosurg Focus.* 2021;50(4):E7. <https://doi.org/10.3171/2021.1.FOCUS201017>
30. Patel A, Yang JF, Hashim PW et al. The impact of age at surgery on long-term neuropsychological outcomes in sagittal craniosynostosis. *Plast Reconstr Surg.* 2014;134(4):608e-617e. <https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000000511>