Medical
Research
Journal

KIARI I MALFORMATSIYASI VA SIRINGOMIYELIYADA INDIVIDUALLASHTIRILGAN NEYROXIRURGIK TAKTIKA: LIKVOR DINAMIKASI, DURAPLASTIKA VA KICHIK MIYA BODOMCHALARINI KICHRAYTIRISH

Norqulov Sirojiddin Najmiddinovich
Samarqand davlat tibbiyot universiteti huzuridagi
Ixtisoslashtirilgan ilmiy-amaliy neyroxirurgiya va neyroreabilitatsiya markazi

Annotatsiya. Kiari I malformatsiyasi kichik miya bodomchalarining katta ensa teshigidan pastga siljishi, kraniotservikal o‘tish sohasida likvor aylanishining buzilishi va ayrim bemorlarda siringomiyeliya rivojlanishi bilan xarakterlanadigan murakkab neyroxirurgik patologiyadir. Kasallikning klinik og‘irligi faqat kichik miya bodomchalarining pastga tushish darajasi bilan belgilanmaydi. Kraniotservikal sohadagi likvor oqimining bloklanishi, orqa kalla chuqurchasi anatomiyasi, siringomiyelik bo‘shliqning o‘lchami va tarqalishi, miya ustuni kompressiyasi, skolioz hamda bemorning klinik simptomlari jarrohlik qarorini individual belgilashda muhim ahamiyatga ega. Mazkur ishning maqsadi Kiari I malformatsiyasida suyak dekompressiyasi, duraplastika, araxnoidal manipulyatsiya va kichik miya bodomchalarini kichraytirishning zamonaviy o‘rnini tizimlashtirish hamda siringomiyeliya bilan kechuvchi holatlarda optimal operatsion strategiyani aniqlash mezonlarini tahlil qilishdan iborat. Dinamik faza-kontrast magnit-rezonans tomografiya yordamida likvor oqimini baholash, operatsiyadan keyingi siringomiyelik bo‘shliq regressiyasi va qayta operatsiya ko‘rsatmalari alohida muhokama qilindi. Zamonaviy ma’lumotlar operatsiyaning asosiy maqsadi anatomik ravishda kichik miya bodomchalarini yuqoriga ko‘tarish emas, balki katta ensa teshigi darajasida likvor aylanishini fiziologik tiklash ekanligini ko‘rsatadi. Bemor tanlashni tizimlashtirish uchun CM1-Likvor Select konseptual matritsasi taklif etildi. Mazkur model klinik validatsiyadan o‘tgan shkala emas va istiqbolli ko‘p markazli tadqiqotlar uchun metodologik asos sifatida qaralishi lozim.

Kalit so‘zlar: Kiari I malformatsiyasi, siringomiyeliya, orqa kalla chuqurchasi dekompressiyasi, duraplastika, likvor dinamikasi, kichik miya bodomchalari, faza-kontrast MRT, skolioz, neyroxirurgiya.

ИНДИВИДУАЛИЗИРОВАННАЯ НЕЙРОХИРУРГИЧЕСКАЯ ТАКТИКА ПРИ МАЛЬФОРМАЦИИ КИАРИ I ТИПА И СИРИНГОМИЕЛИИ: ЛИКВОРОДИНАМИКА, ДУРАПЛАСТИКА И РЕДУКЦИЯ МИНДАЛИН МОЗЖЕЧКА

Норкулов Сирожиддин Нажмиддинович
Специализированный научно-практический центр нейрохирургии и нейрореабилитации
при Самаркандском государственном медицинском университете

Аннотация. Мальформация Киари I типа представляет собой сложную патологию краниовертебрального перехода, характеризующуюся каудальным смещением миндалин мозжечка, нарушением циркуляции цереброспинальной жидкости на уровне большого затылочного отверстия и возможным формированием сирингомиелии. Клиническая значимость заболевания определяется не только степенью опущения миндалин мозжечка, но

и нарушением ликвородинамики, морфологией задней черепной ямки, размерами и протяженностью сирингомиелической полости, компрессией ствола мозга, наличием сколиоза и выраженностью клинических симптомов. Целью настоящей работы является систематизация современных принципов костной декомпрессии, дуропластики, манипуляций с арахноидальной оболочкой и редукции миндалин мозжечка при мальформации Киари I типа. Особое внимание уделено выбору хирургической тактики при сопутствующей сирингомиелии, оценке ликворотока методом фазово-контрастной магнитно-резонансной томографии, динамике сирингомиелической полости после операции и показаниям к повторному хирургическому вмешательству. Предложена концептуальная матрица CM1-Likvor Select, основанная на клинических, морфологических и ликвородинамических характеристиках пациента. Модель не является валидированной клинической шкалой и требует дальнейшего проспективного изучения.

Ключевые слова: мальформация Киари I типа, сирингомиелия, декомпрессия задней черепной ямки, дуропластика, ликвородинамика, миндалины мозжечка, фазово-контрастная МРТ, сколиоз.

INDIVIDUALIZED NEUROSURGICAL STRATEGY FOR KIARI I MALFORMATION AND SYRINGOMYELIA: CEREBROSPINAL FLUID DYNAMICS, DURAPLASTY, AND CEREBELLAR TONSIL REDUCTION

Norkulov Sirojiddin Najmiddinovich
Specialized Scientific and Practical Center of Neurosurgery and Neurorehabilitation,
Samarkand State Medical University

Abstract. Kiari I malformation is a complex disorder of the craniovertebral junction characterized by caudal displacement of the cerebellar tonsils, impaired cerebrospinal fluid circulation at the foramen magnum, and, in a substantial subgroup of patients, development of syringomyelia. Clinical severity cannot be determined solely by the degree of tonsillar descent. Cerebrospinal fluid obstruction, posterior fossa morphology, syrinx dimensions, brainstem compression, scoliosis, and the patient's neurological symptoms should all be integrated into surgical decision-making. This review systematizes contemporary strategies of bony posterior fossa decompression, duraplasty, arachnoid management, and cerebellar tonsil reduction. Particular attention is given to patients with associated syringomyelia, phase-contrast magnetic resonance assessment of cerebrospinal fluid dynamics, postoperative syrinx regression, and indications for revision surgery. Current evidence suggests that restoration of physiological cerebrospinal fluid circulation across the foramen magnum, rather than anatomical repositioning of the cerebellar tonsils alone, should be considered the principal surgical objective. A conceptual CM1-Likvor Select matrix integrating clinical, morphological, and cerebrospinal fluid dynamic characteristics is proposed. This model is not a validated clinical score and requires prospective multicenter evaluation.

Keywords: Kiari I malformation, syringomyelia, posterior fossa decompression, duraplasty, cerebrospinal fluid dynamics, cerebellar tonsils, phase-contrast MRI, scoliosis, neurosurgery.

Kirish. Kiari I malformatsiyasi kraniotservikal o‘tish sohasining anatomik va funksional patologiyasi bo‘lib, an’anaviy ravishda kichik miya bodomchalarining katta ensa teshigidan kaudal yo‘nalishda siljishi bilan aniqlanadi. Biroq zamonaviy klinik tavsiyalar kasallikni faqat bodomchalarning ma’lum millimetrga pastlashishi asosida baholash yetarli emasligini ko‘rsatadi [1–4]. Magnit-rezonans tomografiyada kichik miya bodomchalari past joylashgan ko‘plab bemorlar simptomsiz bo‘lishi mumkin, aksincha, chegaraviy anatomik ektopiya bilan kechuvchi ayrim

bemorlarda aniq likvorodinamik buzilish va tipik klinik simptomatika kuzatiladi [5, 6]. Klassik radiologik mezon sifatida kichik miya bodomchalarining McRae chizig‘idan 5 mm va undan ortiq past joylashishi keng qo‘llanadi. Aboulezz va hammualliflar sog‘lom aholi hamda Kiari malformatsiyasi mavjud bemorlarda bodomchalar holatining sezilarli anatomik variabelligini ko‘rsatgan [5]. Meadows va hammualliflar esa magnit-rezonans tekshiruvda tasodifan aniqlangan, klinik simptomlarsiz Kiari I holatlari mavjudligini ta’riflagan [6]. Shu sababli “5 mm qoidasi” tashxisga yordam beruvchi radiologik mezon bo‘lsa-da, mustaqil jarrohlik ko‘rsatmasi hisoblanmaydi. 2023-yilda Neyroxirurglar Kongressi tomonidan e’lon qilingan dalillarga asoslangan tavsiyalar tashxis, simptomlar va jarrohlik davolash masalalarini alohida ko‘rib chiqib, klinik qaror qabul qilishda MRT, butun orqa miya bo‘ylab siringomiyeliyani tekshirish va individual simptomatikani birlashtirishni tavsiya qiladi [1–3]. Bolalarda xalqaro ekspertlar konsensusi ham tasodifan aniqlangan, siringomiyeliyasiz va simptomsiz holatlarni avtomatik ravishda operatsiya qilish zarur emasligini ko‘rsatadi [4]. Kiari I malformatsiyasining asosiy patofiziologik elementi katta ensa teshigi darajasida bosh miya va orqa miya subaraxnoidal bo‘shliqlari orasidagi likvor harakatining buzilishidir [7–11]. Oldfield va hammualliflarning fundamental tadqiqotlari yurak sistolasi vaqtida kichik miya bodomchalarining pulsatsion harakati orqa miya subaraxnoidal bo‘shlig‘ida patologik bosim to‘lqinlarini hosil qilishi va bu jarayon siringomiyelik bo‘shliq rivojlanishiga hissa qo‘shishini ko‘rsatgan [7]. Keyingi eksperimental va klinik tadqiqotlarda ushbu model yanada rivojlantirildi. Heiss va hammualliflar katta ensa teshigi darajasidagi subaraxnoidal blok orqa miya atrofidagi bosim to‘lqinlarini kuchaytirishi, natijada suyuqlikning orqa miya to‘qimasi ichiga harakatini osonlashtirishi mumkinligini ko‘rsatdi [8–10]. Zamonaviy gidrodinamik modelga ko‘ra, siringomiyeliyaning asosiy sababi siringomiyelik bo‘shliqning o‘zi emas, balki uni shakllantiruvchi subaraxnoidal likvor oqimi blokidir [9–11]. Ushbu konsepsiyaning muhim klinik natijasi shundaki, Kiari I bilan bog‘liq siringomiyeliyada birlamchi operatsion nishon odatda siringomiyelik bo‘shliqni bevosita drenajlash emas, balki kraniotservikal likvor oqimini tiklash hisoblanadi [3, 7–11]. Siringomiyelik bo‘shliqni to‘g‘ridan-to‘g‘ri shuntlash asosan to‘g‘ri bajarilgan dekompressiyadan keyin ham saqlanib qoluvchi yoki progressiyalanuvchi holatlar uchun rezerv usul sifatida qaraladi [22–24]. Dinamik faza-kontrast magnit-rezonans tomografiya kraniotservikal o‘tish sohasidagi likvor oqimini miqdoriy va sifat jihatidan baholash imkonini beradi. McGirt va hammualliflar operatsiyadan oldin katta ensa teshigi darajasida normal yoki deyarli normal likvor oqimi mavjud bemorlarda dekompressiyadan keyingi simptomlar qaytalanishi ehtimoli yuqoriroq bo‘lganini ko‘rsatgan [12]. Bolalar populyatsiyasida ham ventral va dorsal likvor oqimining buzilishi operatsion natija bilan bog‘liq bo‘lishi mumkinligi qayd etilgan [13]. Biroq dinamik faza-kontrast MRTni mutlaq diagnostik standart sifatida qabul qilish mumkin emas. Turli markazlarda tasvir olish protokollari, tezlik chegaralari va oqimni baholash metodlari farq qiladi. Shunga qaramay, zamonaviy meta-tahlilda operatsiyadan keyin likvor oqimining tiklanishi klinik muvaffaqiyatni prognoz qiluvchi eng izchil radiologik belgilar qatoriga kiritilgan [27]. Kiari I malformatsiyasida jarrohlikning klassik shakli suboksipital kraniektomiya va C1 laminektomiyasidan iborat orqa kalla chuqurchasi dekompressiyasidir. Biroq qattiq miya pardasini ochish kerakmi, duraplastika bajarish kerakmi, araxnoid parda ochilishi kerakmi va kichik miya bodomchalarini koagulyatsiya yoki subpial rezeksiya orqali kichraytirish kerakmi degan masalalar hali ham to‘liq standartlashtirilmagan [3, 14–19].

Durham va Fjeld-Olenecning bolalarga bag‘ishlangan dastlabki meta-tahlilida duraplastika bilan bajarilgan dekompressiya qayta operatsiya ehtimolini kamaytirgan, biroq likvor bilan bog‘liq asoratlar ko‘proq kuzatilgan [14]. Lu va hammualliflarning keyingi yirik bolalar meta-tahlilida ham duraplastika klinik yaxshilanish bilan bog‘langan, ammo kasalxonada qolish davomiyligi va operatsiyadan keyingi asoratlar yuqoriroq bo‘lgan [15]. Tam va hammualliflarning 3618 bemorni qamrab olgan tizimli tahlili duraplastika bilan dekompressiya umumiy klinik natijalarni yaxshilashi mumkinligini, ayniqsa siringomiyeliya mavjud bemorlarda uning foydasi ko‘proq bo‘lishi

mumkinligini ko‘rsatdi; shu bilan birga asoratlar ham ko‘proq edi [16]. Demak, duraplastikaning asosiy masalasi “bajarish yoki bajarmaslik” emas, balki qaysi bemorda qo‘shimcha intradural kengaytirishning foydasi uning likvor oqishi va psevdomeningotsele kabi asoratlari xavfidan ustun ekanini aniqlashdir. Qattiq miya pardasining faqat tashqi qatlamini ajratish usuli intradural bo‘shliqni ochmasdan dekompressiyani kuchaytirishga qaratilgan. Tavallaii va hammualliflarning 615 bolani qamrab olgan meta-tahlilida ushbu yondashuv duraplastikaga nisbatan operatsiya davomiyligi va hospitalizatsiya muddatini kamaytirgan, klinik va radiologik natijalar o‘xshash bo‘lgan va asoratlar kamroq kuzatilgan [18]. Chang va hammualliflarning tahlili ham shu yo‘nalishdagi natijalarni qo‘llab-quvvatlagan [19]. Boshqa tomondan, siringomiyeliya mavjud bemorda faqat ekstradural dekompressiya yetarli bo‘lmasligi mumkin. 2025-yildagi 3063 bemorni qamrab olgan meta-tahlilda duraplastika bilan dekompressiya siringomiyelik bo‘shliq kengligi, uzunligi va orqa miya diametriga nisbatan siringomiyelik bo‘shliq nisbatini sezilarli kamaytirgan [25]. Kichik miya bodomchalarini kichraytirish qo‘shilgan operatsiyalar siringomiyelik bo‘shliqning ayrim o‘lchovlari bo‘yicha yanada katta regressiya bilan bog‘langan bo‘lsa-da, ushbu radiologik farqning klinik ahamiyati cheklangan deb baholangan [25]. Zhao va hammualliflarning tizimli sharhida duraplastika va kichik miya bodomchalari bilan qo‘shimcha manipulyatsiya klinik natijalarni yaxshilashi mumkinligi ko‘rsatilgan, biroq bodomchalarni agressiv rezeksiya qilish bilan bog‘liq nojo‘ya hodisalar sababli ehtiyotkorlik tavsiya qilingan [17]. Neyroxirurglar Kongressi tavsiyalarida ham bodomchalarni kichraytirish ayrim bemorlarda, ayniqsa katta siringomiyeliya mavjud holatlarda qo‘llanishi mumkinligi qayd etilgan, ammo aniq bemor guruhini tanlash uchun dalillar yetarli emas [3]. Kiari I bilan bog‘liq siringomiyeliya skolioz bilan ham yaqin klinik aloqaga ega. Siringomiyelik bo‘shliq spinal motor va sensor tarmoqlarni assimetrik zararlashi natijasida o‘sayotgan bolalarda atipik skoliotik deformatsiya rivojlanishi mumkin [29–31]. Shuning uchun bolada chap tomonlama ko‘krak skoliozi, tez progressiyalanuvchi deformatsiya yoki nevrologik belgilar mavjud bo‘lsa, kraniotservikal soha va butun orqa miyani MRT qilish muhim. Yangi meta-tahlilda Kiari I va skolioz mavjud 380 bolada dekompressiyadan keyin deformatsiya 55% holatda yaxshilangan yoki barqarorlashgan, 45% holatda esa progressiyalangan [29]. Yoshroq bemorlarda va dastlabki Cobb burchagi kichikroq bo‘lgan holatlarda skoliozning barqarorlashish ehtimoli yuqoriroq bo‘lgan. Demak, dekompressiya ortopedik deformatsiyani har doim tuzatmaydi, ammo erta bosqichda siringomiyeliya bilan bog‘liq nevrologik omilni bartaraf etish ayrim bolalarda spinal biriktirish operatsiyasini kechiktirishi yoki oldini olishi mumkin [29–31].

Miya va kichik miya bodomchalarining yurak sikliga mos pulsatsion harakati ham Kiari I patofiziologiyasining rivojlanayotgan tadqiqot yo‘nalishidir. Leung va hammualliflar Kiari I va siringomiyeliya mavjud bemorlarda orqa miya va orqa miya-kichik miya strukturalari harakatining sog‘lom nazorat guruhidan farq qilishini ko‘rsatgan [32]. Taylor va hammualliflar esa katta ensa teshigi darajasida likvor uchun mavjud ko‘ndalang maydon va siringomiyeliya o‘rtasidagi bog‘liqlikni o‘rgangan [33]. Shunday qilib, zamonaviy jarrohlik qarori kichik miya bodomchalari pastga necha millimetr tushganiga emas, balki klinik simptomatika, siringomiyeliya, likvor oqimi, kraniotservikal anatomiya va kasallik dinamikasining integratsiyasiga asoslanishi kerak [1–4, 26, 27].

Materiallar va usullar. Mazkur ilmiy ish narrativ-tahliliy sharh shaklida tayyorlandi. PubMed/MEDLINE ma’lumotlar bazasidagi Kiari I malformatsiyasi, siringomiyeliya, orqa kalla chuqurchasi dekompressiyasi, duraplastika, likvor dinamikasi, kichik miya bodomchalarini kichraytirish, dinamik faza-kontrast magnit-rezonans tomografiya, skolioz va qayta operatsiyaga bag‘ishlangan ilmiy ishlar tahlil qilindi. Klassik patofiziologik tadqiqotlar bilan bir qatorda 2000–2026-yillarda chop etilgan tizimli sharhlar, meta-tahlillar, klinik tavsiyalar, xalqaro ekspert konsensuslari va yirik klinik seriyalarga ustuvorlik berildi. Tahlilda asosiy klinik ko‘rsatkichlar sifatida bosh og‘rig‘i va nevrologik simptomlarning regressiyasi, siringomiyelik bo‘shliqning kamayishi, qayta operatsiya, likvor oqishi, psevdomeningotsele, infeksiya, yangi nevrologik defitsit

va skolioz dinamikasi ko‘rib chiqildi. Radiologik ko‘rsatkichlar sifatida kichik miya bodomchalarining kaudal joylashuvi, siringomiyelik bo‘shliqning maksimal diametri va uzunligi, orqa miya diametriga nisbati, katta ensa teshigidagi likvor bo‘shlig‘i, dinamik faza-kontrast MRTdagi ventral va dorsal oqim hamda operatsiyadan keyingi likvor oqimi tiklanishi baholandi. Maqolaning original analitik qismi sifatida CM1-Likvor Select konseptual matritsasi ishlab chiqildi. Ushbu model klinik validatsiyadan o‘tmagan va amaldagi xalqaro tavsiyalarni almashtirish uchun emas, balki kelajakdagi prospektiv tadqiqotlar uchun gipoteza sifatida taklif etiladi.

Natijalar.

Jarrohlik ko‘rsatmasini aniqlash. Kiari I malformatsiyasi radiologik tashxisining o‘zi operatsiyaga ko‘rsatma emas. Jarrohlik odatda klinik simptomlar, progressiyalanuvchi nevrologik defitsit, siringomiyeliya yoki likvor aylanishining aniq buzilishi mavjud holatlarda ko‘rib chiqiladi. Valsalva manevrida kuchayuvchi ensa-soha bosh og‘rig‘i kasallik uchun nisbatan xarakterli simptomlardan biridir. Bundan tashqari, bo‘yin og‘rig‘i, muvozanat buzilishi, yuqori ekstremitalarda dissotsiatsiyalangan sezgi buzilishi, qo‘llarda kuchsizlik, mayda motorika buzilishi, yutish qiyinlashuvi, nistagm va pastki kranial nervlar funksiyasi bilan bog‘liq simptomlar uchrashi mumkin. Siringomiyeliya mavjudligi jarrohlik qarorini kuchaytiruvchi omil hisoblanadi, ayniqsa siringomiyelik bo‘shliq kengayib borayotgan, motor yoki sensor simptomlar paydo bo‘lgan bemorlarda.

Operatsiyaning asosiy fiziologik maqsadi. Kiari I operatsiyasining maqsadi kichik miya bodomchalarining MRTdagi “normal” holatini tiklash emas. Asosiy nishon kranial va spinal subaraxnoidal bo‘shliqlar o‘rtasida yetarli likvor harakatini ta’minlashdir. Shu sababli muvaffaqiyatli operatsiyadan keyin kichik miya bodomchalari anatomik jihatdan past holatda qolishi mumkin, biroq ularning atrofida likvor bo‘shlig‘i paydo bo‘lib, pulsatsion blok yo‘qolsa, klinik va radiologik natija yaxshi bo‘lishi mumkin.

Jadval 1. Kiari I malformatsiyasida asosiy jarrohlik variantlarining taqqoslanishi

Operatsion usul	**Asosiy afzalligi**	**Asosiy cheklovi**	**Ko‘proq mos keluvchi fenotip**
Faqat suyak dekompressiyasi	Intradural asoratlar kam	Likvor oqimini to‘liq tiklamasligi mumkin	Siringomiyeliyasiz, yengilroq anatomik blok
Qattiq pardaning tashqi qatlamini ajratish	Dura ochilmaydi, dekompressiya kuchayadi	Og‘ir likvor bloki va katta siringomiyeliyada yetarli bo‘lmasligi mumkin	Tanlangan pediatrik holatlar
Duraplastika bilan dekompressiya	Likvor uchun kengroq yo‘l hosil qiladi	Likvor oqishi, psevdomeningotsele xavfi yuqoriroq	Siringomiyeliya, aniq likvor bloki
Duraplastika + araxnoid saqlovchi dekompressiya	Subaraxnoidal bo‘shliq kengayadi, bitishma kamroq	Texnik aniqlik talab qiladi	Ko‘pchilik siringomiyeliyali bemorlar
Bodomchalarni kichraytirish bilan dekompressiya	Katta ensa teshigida qo‘shimcha bo‘shliq yaratadi	Termik va neyron shikastlanish xavfi	Katta siringomiyeliya va bodomchalarning zich obstruksiyasi
Siringomiyelik bo‘shliqni shuntlash	Bo‘shliqni bevosita kamaytiradi	Shunt disfunksiyasi, orqa miya shikasti	Yetarli dekompressiyadan keyin saqlanuvchi siringomiyeliya

Faqat suyak dekompressiyasi. Ushbu usulda kichik suboksipital kraniektomiya va zarur hajmda C1 orqa yoyining laminektomiyasi bajariladi. Qattiq miya pardasi ochilmaydi. Asosiy afzallik - likvor fistulasi, meningit va psevdomeningotsele xavfining kamligidir. Bolalarda qattiq miya pardasi elastikligi yuqoriroq bo‘lgani sababli tashqi dekompressiya ayrim bemorlarda yetarli bo‘lishi mumkin. Biroq siringomiyelik bo‘shlig‘i katta bo‘lgan va dinamik MRTda aniq kraniotservikal likvor bloki mavjud bemorda faqat suyak dekompressiyasi yetarli fiziologik natija bermasligi mumkin. Duraplastika. Suyak dekompressiyasidan keyin qattiq miya pardasi odatda Y shaklda yoki vertikal tarzda ochilib, kengaytiruvchi yamoq bilan plastika qilinadi. Duraplastikaning asosiy maqsadi kichik miya bodomchalari atrofidagi subaraxnoidal bo‘shliqni kengaytirish va kardial sikl davomida likvorning katta ensa teshigidan erkin o‘tishini ta’minlashdir. Yamoq sifatida autolog perikranium, sun’iy materiallar yoki boshqa biologik transplantatlar qo‘llanishi mumkin. Autolog perikranium infeksion va immunologik xavflarning kamligi sababli fiziologik material sifatida jozibador hisoblanadi. Duraplastikaning asosiy asoratlari likvoreya, yara osti likvor to‘planishi, psevdomeningotsele va aseptik yoki bakterial meningitdir.

Araxnoid pardaga yondashuv. Araxnoid parda saqlangan holda duraplastika bajarish va uni keng ochib, to‘rtinchi qorincha chiqish yo‘llarini disseksiya qilish o‘rtasida aniq universal ustunlik aniqlanmagan. Araxnoid parda ochilganda to‘rtinchi qorinchaning Magendie teshigi, kichik miya bodomchalari va miya ustunining dorsal yuzasini ko‘rish mumkin. Agar zich araxnoidal bitishmalar likvor yo‘lini mexanik to‘sayotgan bo‘lsa, ularni ajratish zarur bo‘lishi mumkin. Biroq keraksiz araxnoidal disseksiya venoz yoki arterial tomir shikastlanishi, operatsiyadan keyingi bitishma va yangi likvor oqimi blokini yuzaga keltirishi mumkin. Shu sababli araxnoidal manipulyatsiya “rutinali bosqich” emas, operatsion anatomiya va real likvor oqimiga asoslangan tanlangan bosqich sifatida qaralishi maqsadga muvofiq. Kichik miya bodomchalarini kichraytirish. Bodomchalar katta ensa teshigini zich to‘sib turgan holatlarda ularning subpial koagulyatsiyasi yoki cheklangan rezeksiya orqali hajmini kamaytirish likvor yo‘lini kengaytirishi mumkin. Koagulyatsiya kichik miya bodomchasining pial yuzasiga ehtiyotkor ta’sir qilish orqali uning qisqarishiga olib keladi. Bunda chuqur yadrolar va orqa pastki kichik miya arteriyasi tarmoqlarining saqlanishi muhim. Bodomchaning anatomik “normal joylashuvini” majburan tiklash maqsad emas. Yetarli likvor yo‘li hosil bo‘lganidan keyin qo‘shimcha agressiv rezeksiya bajarish uchun fiziologik asos kamayadi.

Siringomiyeliyaning operatsiyadan keyingi dinamikasi. Siringomiyelik bo‘shliq operatsiyadan so‘ng darhol yo‘qolishi shart emas. Likvor bosimining patologik gradienti bartaraf etilgandan keyin uning hajmi oylar davomida asta-sekin kamayishi mumkin. Bolalardagi klassik seriyada radiologik siringomiyeliya yaxshilanishining median vaqti klinik simptomlar regressiyasiga qaraganda uzunroq bo‘lgan. Shu sababli operatsiyadan bir necha hafta keyin siringomiyelik bo‘shliq saqlanib qolishi operatsiya muvaffaqiyatsizligini avtomatik anglatmaydi.

Jadval 2. Siringomiyeliya dinamikasini baholash mezonlari

Ko‘rsatkich	Ijobiy dinamika	Ehtiyotkor kuzatuv	Qayta baholashni talab qiladi
Maksimal diametr	Kamaygan	O‘zgarmagan ilk oylar	Kattalashgan
Uzunligi	Vertebral segmentlar soni kamaygan	Barqaror	Progressiya
Klinik simptom	Yaxshilanmoqda	Barqaror	Yangi defitsit
Likvor oqimi	Tiklangan	Qisman	Hali ham bloklangan
Skolioz	Barqarorlashgan	Sekin progressiya	Tez progressiya
Kuzatuv vaqti	6–12 oyda regressiya	Dinamik MRT zarur	Anatomik sababni qayta izlash

Saqlanib qolgan siringomiyeliyada qayta operatsiya. Birlamchi dekompressiyadan keyin siringomiyelik bo‘shliq saqlansa, darhol shunt qo‘yishga o‘tish maqsadga muvofiq emas. Birinchi navbatda katta ensa teshigi darajasidagi dekompressiyaning yetarliligi tekshiriladi. Yetarli suyak olib tashlanganmi, C1 yoyining qoldig‘i kompressiya yaratmayaptimi, duraplastika yetarlimi, araxnoidal bitishma hosil bo‘lganmi va likvor oqimi tiklanganmi - ana shu savollar tekshiriladi. Dinamik faza-kontrast MRT ushbu bosqichda ayniqsa foydalidir. Agar likvor bloki saqlansa, revizion kraniotservikal dekompressiya siringomiyelik shuntdan ko‘ra etiologik jihatdan mantiqiyroq. Siringo-subaraxnoidal shunt faqat adekvat kraniotservikal likvor yo‘li mavjud bo‘lishiga qaramay progressiyalanuvchi siringomiyeliya saqlangan tanlangan holatlarda ko‘rib chiqiladi.Skolioz. Kiari I va siringomiyeliya bilan bog‘liq bolalar skoliozi idiopatik skoliozdan farq qilishi mumkin. Chap tomonlama torakal egrilik, juda erta boshlanish yoki nevrologik simptomlar asosiy kasallikni izlash zaruratini oshiradi. Dekompresiyadan keyin siringomiyeliya regressiyasi skoliozning avtomatik yo‘qolishini anglatmaydi. Yangi meta-tahlilda faqat taxminan yarmida deformatsiya barqarorlashgan yoki yaxshilangan. Yosh bola va kichikroq Cobb burchagi yaxshi prognostik belgilar hisoblanadi. Katta va rigid deformatsiyada esa kraniotservikal operatsiyadan keyin ham umurtqa pog‘onasini alohida xirurgik korreksiya qilish talab etilishi mumkin.

Operatsiya vaqtida neyrofiziologik monitoring. Somatosensor chaqirilgan potensiallar, motor chaqirilgan potensiallar va miya ustunining eshituv chaqirilgan javoblari operatsiya vaqtida qo‘llanishi mumkin. Biroq Kiari I dekompressiyasi uchun monitoring intramedullyar o‘sma yoki deformatsiyani korreksiya qilish operatsiyalaridagidek mutlaq standart hisoblanmaydi. 2024-yilgi tizimli tahlil va meta-tahlil monitoring qo‘llangan seriyalarda yuqori klinik yaxshilanish va nisbatan past asoratlar ko‘rsatkichini ko‘rsatgan bo‘lsa-da, kuzatuv tadqiqotlaridagi seleksiya xatosi sababli uning barcha bemorlarga majburiy foydasi isbotlanmagan. Murakkab revizion operatsiya, sezilarli miya ustuni deformatsiyasi yoki qo‘shimcha kraniotservikal patologiya mavjud holatlarda monitoringning klinik qiymati yuqoriroq bo‘lishi mumkin.

CM1-Likvor Select konseptual matritsasi.

Jadval 3. Individual operatsion taktika uchun konseptual model

Klinik-radiologik fenotip	**Faqat suyak dekompressiyasi tomoniga**	**Duraplastika tomoniga**	**Duraplastika + bodomcha kichraytirish tomoniga**
Siringomiyeliya	Yo‘q	Bor	Katta/progressiv
Nevrologik defitsit	Yo‘q yoki yengil	Aniq	Progressiv
Dinamik MRTdagi likvor bloki	Yengil	Aniq	Kuchli, dorsal va ventral blok
Bodomchalar kompressiyasi	Yengil	O‘rtacha	Katta ensa teshigini zich to‘sadi
Araxnoidal bitishma	Kutilmaydi	Mumkin	Aniq bo‘lsa disseksiya
Pediatrik yosh	Ko‘proq maqbul bo‘lishi mumkin	Siringomiyeliyada	Selektiv
Qayta operatsiya	-	Ko‘pincha talab qilinadi	Yetarli likvor yo‘li uchun mumkin
Likvor asoratlari xavfi	Eng past	Yuqoriroq	Yuqoriroq

Mazkur matritsa operatsion usulni avtomatik belgilamaydi. U klinik qarorni “bodomchalar necha millimetr tushgan?” savolidan “qaysi darajada likvor aylanishi buzilgan va uni eng kam xavf bilan qanday tiklash mumkin?” savoliga o‘tkazishni maqsad qiladi.

Muhokama. Kiari I malformatsiyasi zamonaviy neyroxirurgiyada anatomik tashxisdan funksional kraniotservikal sindrom konsepsiyasiga o‘tgan patologiyalardan biridir. CNS tavsiyalari

va xalqaro konsensuslar tashxisning faqat kichik miya bodomchalari pozitsiyasiga asoslanmasligi, klinika, siringomiyeliya va boshqa struktur o‘zgarishlar bilan birgalikda talqin qilinishi kerakligini ta’kidlaydi [1–4]. Aboulezz va Meadowsning klassik ishlari anatomik ektopiya bilan kasallik o‘rtasida mutlaq moslik yo‘qligini allaqachon ko‘rsatgan [5, 6]. Shu sababli 7 mm bodomcha ektopiyasi bo‘lgan simptomsiz bemor bilan 4–5 mm ektopiya, kuchli Valsalva bosh og‘rig‘i, katta siringomiyeliya va aniq likvor blokiga ega bemorni bir xil “radiologik Kiari” sifatida boshqarish mumkin emas. Oldfield va Heiss tomonidan shakllantirilgan patofiziologik model kasallikni tushunishda fundamental o‘zgarish yasadi [7–11]. Ushbu konsepsiyada muammo kichik miya bodomchalarining o‘zi emas, balki ularning yurak sikli davomida kraniotservikal likvor oqimiga mexanik to‘siq sifatidagi ta’siridir. Natijada subaraxnoidal bosim gradientlari hosil bo‘lib, siringomiyelik bo‘shliqning paydo bo‘lishi va progressiyasiga sharoit yaratiladi. Shu sababli operatsiyaning fiziologik maqsadi “tonsillar ektopiyani davolash” emas, balki katta ensa teshigidagi likvor o‘tkazuvchanligini tiklashdir. 2024-yilda 528 katta yoshli bemor tahlil qilingan real klinik tadqiqotda ham aynan likvor dekompressiyasiga erishish muayyan bitta texnik usuldan ko‘ra yaxshi natija bilan kuchliroq bog‘langan [26]. Mualliflar operatsion maqsadni to‘rtinchi qorinchadan va Lushka teshiklari atrofidan likvorning erkin harakatini tiklash sifatida belgilagan.

Dinamik faza-kontrast MRT ushbu fiziologik paradigma bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq [12, 13]. McGirt va hammualliflar katta ensa teshigida operatsiyagacha normal likvor oqimi kuzatilgan bemorlarda dekompressiyadan keyingi simptomatik qaytalanish ko‘proq ekanini ko‘rsatgan [12]. Buni shunday talqin qilish mumkin: agar simptomning asosiy sababi likvor bloki bo‘lmasa, anatomik dekompressiyadan kutiladigan foyda ham kamayadi. Jain va hammualliflarning 2025-yilgi 51 tadqiqotni qamrab olgan meta-tahlili ushbu konsepsiyani zamonaviy ma’lumotlarda ham qo‘llab-quvvatladi [27]. Kichik miya bodomchalari pastlashishining o‘zi aksariyat tadqiqotlarda natijani prognoz qilmagan, likvor oqimining tiklanishi esa ijobiy natijaga ko‘proq bog‘langan. Bu radiologik og‘irlik bilan fiziologik og‘irlik bir xil emasligini ko‘rsatadi. Jarrohlik texnikasiga kelganda, dalillar heterogen. Durham va Fjeld-Olenec bolalar meta-tahlilida duraplastika qayta operatsiyani kamaytirgan, biroq likvor bilan bog‘liq asoratlarni oshirgan [14]. Lu va hammualliflar esa 3455 nafar bola ma’lumotida duraplastikadan keyin umumiy klinik yaxshilanish yuqori, biroq operatsion yuk va asoratlar ham yuqori ekanini ko‘rsatgan [15].

Tam va hammualliflarning bolalar va kattalarni birlashtirgan keng meta-tahlilida duraplastika klinik natijalar va qayta operatsiya jihatidan ustunlik ko‘rsatgan, ayniqsa siringomiyeliyali guruhda foydali bo‘lgan [16]. Biroq asoratlar xavfi taxminan bir necha barobar yuqori bo‘lgan. Shuning uchun duraplastika “kuchliroq operatsiya” bo‘lsa-da, har bir bemorda avtomatik ravishda yaxshi operatsiya degani emas. Zhao va hammualliflarning avvalgi tizimli tahlilida suyak dekompressiyasiga duraplastika qo‘shilishi klinik va siringomiyeliya natijalarini yaxshilashi mumkinligi ko‘rsatilgan [17]. Ammo ular kichik miya bodomchalarini agressiv rezeksiya qilish bilan bog‘liq asoratlar sabab ehtiyotkorlikni ta’kidlagan. Kam invaziv oraliq variant - qattiq miya pardasining tashqi qatlamini ajratishdir. Tavallaii va hammualliflar bolalarda uning duraplastikaga yaqin klinik natija, ammo qisqaroq operatsiya va kamroq asorat bilan bog‘liqligini ko‘rsatgan [18]. Chang va hammualliflar ham bu yondashuv ayrim pediatrik bemorlarda maqbul tanlov bo‘lishi mumkinligini qayd etgan [19]. Biroq siringomiyeliyaning mavjudligi qarorni o‘zgartiradi. Attenello va hammualliflarning bolalar seriyasida siringomiyelik bo‘shliq operatsiyadan keyin asta-sekin kamaygan va klinik simptomlar radiologik regressiyadan oldin yaxshilanishi mumkinligi ko‘rsatilgan [20]. Bu kuzatuv siringomiyeliya natijasini juda erta baholash xato ekanini ko‘rsatadi. Alfieri va Pinna katta yoshli bemorlarning uzoq muddatli kuzatuvida kraniotservikal dekompressiya Kiari bilan bog‘liq siringomiyeliyada barqaror klinik va radiologik foyda berishi mumkinligini ko‘rsatgan [21]. Heiss va hammualliflar esa birlamchi operatsiya muvaffaqiyatsiz bo‘lgan bemorlarda ko‘pincha siringomiyelik bo‘shliqning saqlanishi katta ensa teshigida likvor blokining davom etishi bilan bog‘liq ekanini ko‘rsatdi [22]. Bu revizion xirurgiya

uchun juda muhim. Siringomiyelik bo‘shliq qolganida birinchi refleks sifatida orqa miyaga shunt qo‘yish kasallik sababini emas, natijasini davolaydi. Avvalo birlamchi dekompressiya yetarliligi va likvor oqimi qayta tekshirilishi kerak. Soleman va hammualliflar to‘g‘ri bajarilgan dekompressiyadan keyin ham saqlanib qolgan siringomiyeliyada siringo-subaraxnoidal shunt qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatgan [23]. 2025-yildagi tizimli sharh ham duraplastika bilan kraniotservikal dekompressiyani birlamchi usul sifatida, siringomiyelik shuntni esa asosan rezistent yoki qaytalangan holatlar uchun tavsiya etadi [24].

Prasad va hammualliflarning 3063 bemorli yangi meta-tahlili siringomiyeliya uchun operatsion usullarni miqdoriy taqqoslash imkonini berdi [25]. Duraplastika siringomiyelik bo‘shliq diametri va uzunligini sezilarli kamaytirgan. Kichik miya bodomchalarini kichraytirish qo‘shilganda ayrim radiologik ko‘rsatkichlar yanada yaxshi bo‘lgan, lekin ustunlik katta emas va uning funksional natijaga bevosita ta’siri hali to‘liq aniqlanmagan. Zhou va hammualliflarning 528 bemorlik tadqiqoti ham muayyan “eng yaxshi” texnika topishdan ko‘ra, likvorni fiziologik dekompressiya qilishni asosiy maqsad deb ko‘rsatadi [26]. Bu CM1-Likvor Select modelining asosiy nazariy tayanchidir. Jain va hammualliflar esa siringomiyeliya yoki bodomcha ektopiyasining mavjudligi o‘zi mustaqil holda natijani ishonchli prognoz qila olmasligini, likvor oqimining tiklanishi esa ancha barqaror predictor ekanini ko‘rsatgan [27]. Operatsiya vaqtida neyrofiziologik monitoring masalasi ham bahsli bo‘lib qolmoqda. Da Cunha va hammualliflarning 1358 bemorni qamrab olgan meta-tahlilida monitoring qo‘llangan seriyalarda klinik yaxshilanish yuqori va qayta operatsiya nisbatan past bo‘lgan [28]. Biroq ushbu ma’lumotlarning katta qismi retrospektiv bo‘lgani sababli, monitoring natijani bevosita yaxshiladi degan sababiy xulosaga ehtiyotkorlik bilan yondashish kerak. Murakkab anatomiyali, revizion yoki qo‘shimcha miya ustuni va kraniotservikal patologiyali holatda monitoringning amaliy qiymati yuqori bo‘lishi mumkin. Oddiy birlamchi dekompressiyada esa uning majburiyligi dalillar bilan yetarlicha tasdiqlanmagan [3, 28]. Siringomiyeliya va skolioz birgalikda kuzatilganda neyroxirurgik va ortopedik taktika o‘zaro bog‘liq bo‘ladi. Palombi va hammualliflarning yangi meta-tahlilida dekompressiyadan keyin skolioz taxminan 55% bolalarda yaxshilangan yoki barqarorlashgan, ammo 45% bemorda davom etgan [29]. Katta yosh va yuqori boshlang‘ich Cobb burchagi progressiya xavfini oshirgan.

Strahle va hammualliflar avvalroq siringomiyelik bo‘shliqning kattaligi va skolioz orasidagi aloqani ko‘rsatgan [30]. Eule va hammualliflarning uzoq muddatli klinik kuzatuvlari ham erta yoshda va kichik deformatsiyada Kiari dekompressiyasidan keyin skolioz barqarorlashishi ehtimoli yuqoriroq ekanini ko‘rsatgan [31]. Bu klinik nuqtai nazardan muhim: Kiari I dekompressiyasi spinal deformatsiyani davolash operatsiyasi emas. Uning vazifasi nevrologik va likvorodinamik sababni bartaraf etishdir. Agar deformatsiya struktur va katta bo‘lib ulgurgan bo‘lsa, keyingi ortopedik korreksiya baribir kerak bo‘lishi mumkin. Leung va hammualliflarning biomekanik tasvirlash tadqiqoti Kiari I da miya va kichik miya strukturalari yurak sikli davomida g‘ayritabiiy harakatlanishini ko‘rsatgan [32]. Taylor va hammualliflar esa katta ensa teshigidagi likvor uchun mavjud maydon kamayishi siringomiyeliya shakllanishining anatomik asoslaridan biri bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatgan [33]. Bunday tadqiqotlar kelajakda oddiy millimetrli bodomcha o‘lchovidan funksional MRT ko‘rsatkichlariga o‘tish zaruratini qo‘llab-quvvatlaydi. Kiari I ga o‘xshash tasvir har doim birlamchi Kiari malformatsiyasi emasligini ham unutmaslik kerak. Wang va hammualliflarning tizimli tahlilida orqa kalla chuqurchasidagi o‘sma yoki araxnoidal kista kabi hajmli jarayonlar ikkilamchi bodomcha ektopiyasi va siringomiyeliya hosil qilishi mumkinligi ko‘rsatilgan [34]. Bunday vaziyatda asosiy patologiyani davolash ko‘pincha bodomcha ektopiyasi va siringomiyeliyaning regressiyasiga olib keladi; standart Kiari dekompressiyasini bajarish esa etiologik xato bo‘lishi mumkin. Katta yoshdagi bemorlarda Chen va hammualliflar suyak dekompressiyasi va duraplastikani taqqoslab, ikki usul ham klinik foyda berishini, lekin bemorni tanlash natijaga sezilarli ta’sir qilishini ko‘rsatgan [35]. Brock va hammualliflar esa operatsiya vaqtida ultratovush yordamida likvor yo‘li va kichik miya bodomchalari harakatini baholab, ayrim

bemorlarda intradural manipulyatsiyani kamaytirish mumkinligini ko‘rsatgan [36]. Shunday qilib, zamonaviy dalillar bitta universal operatsion protokolni emas, bosqichli individual strategiyani qo‘llab-quvvatlaydi. Siringomiyeliyasiz, yengil anatomik blokli bolada suyak yoki qattiq pardaning tashqi qatlami bilan cheklangan dekompressiya yetarli bo‘lishi mumkin. Katta siringomiyeliyali, aniq ventral va dorsal likvor blokli kattada duraplastika kuchliroq asosga ega. Bodomchalar Magendie teshigi va kraniotservikal subaraxnoidal bo‘shliqni zich to‘sayotgan holatda cheklangan subpial kichraytirish qo‘shimcha foyda berishi mumkin. CM1-Likvor Select modeli ana shu qarorlarning mantiqiy ketma-ketligini tizimlashtirishga qaratilgan. Model “qancha ko‘p dekompressiya qilinsa, shuncha yaxshi” tamoyiliga asoslanmaydi. Aksincha, maqsad normal likvor oqimini ta’minlash uchun yetarli bo‘lgan eng kam xavfli anatomik aralashuv darajasini tanlashdir.

Operatsiyadan keyingi natijani ham faqat bodomchalar pozitsiyasi yoki siringomiyelik bo‘shliq diametri bilan baholash yetarli emas. Valsalva bilan bog‘liq bosh og‘rig‘i, motor va sensor simptomlar, yutish, muvozanat, skolioz, bemorning funksional faolligi va hayot sifati birgalikda kuzatilishi kerak. Siringomiyeliyaning regressiyasi ko‘pincha uzoq davom etadigan biologik jarayon bo‘lgani sababli, klinik holat barqaror va likvor oqimi tiklangan bemorda ilk oylar davomida katta qoldiq siringomiyelik bo‘shliqning mavjudligi qayta operatsiyaga shoshilinch ko‘rsatma bo‘lmasligi kerak. CNS tavsiyalarida ham ko‘p jarrohlar revizion aralashuvdan oldin 6–12 oy davomida siringomiyeliya dinamikasini kuzatishi qayd etilgan [3]. Kelajakdagi tadqiqotlar standartlashtirilgan dinamik faza-kontrast MRT, operatsiya vaqtida ultratovush, avtomatlashtirilgan siringomiyelik volumetriya va klinik natijalarni yagona ma’lumotlar modelida birlashtirishi kerak. Bunday yondashuv qaysi bemorga suyak dekompressiyasi yetarli, qaysi bemorga duraplastika va qaysi holatda qo‘shimcha bodomcha reduksiyasi haqiqatan zarur ekanini aniqroq aniqlash imkonini beradi.

Xulosa. Kiari I malformatsiyasi va siringomiyeliya klinik va radiologik jihatdan geterogen patologiya bo‘lib, jarrohlik taktikasini faqat kichik miya bodomchalarining katta ensa teshigidan pastlashish darajasiga asoslab belgilash to‘g‘ri emas. Jarrohlikning asosiy fiziologik maqsadi kranial va spinal subaraxnoidal bo‘shliqlar o‘rtasidagi likvor aylanishini tiklashdan iborat. Operatsiya muvaffaqiyati kichik miya bodomchalarining anatomik yuqoriga siljishidan ko‘ra likvor yo‘lining funksional ochilishi bilan ko‘proq bog‘liq. Faqat suyak dekompressiyasi intradural asoratlarni kamaytiradi va tanlangan, ayniqsa siringomiyeliyasiz bemorlarda maqbul bo‘lishi mumkin. Duraplastika kuchliroq likvor dekompressiyasini ta’minlaydi va siringomiyeliya mavjud bemorlarda radiologik hamda klinik foyda berishi mumkin, biroq likvor oqishi va psevdomeningotsele xavfini oshiradi. Kichik miya bodomchalarini kichraytirish katta siringomiyelik bo‘shliq va katta ensa teshigida zich obstruksiya mavjud tanlangan bemorlarda qo‘shimcha usul sifatida qo‘llanishi mumkin. Uning maqsadi anatomik radikallik emas, likvor uchun yetarli yo‘l yaratishdir. Operatsiyadan keyingi siringomiyeliya asta-sekin regressiya qilishi mumkin. Likvor oqimi tiklangan va klinik jihatdan barqaror bemorda siringomiyelik bo‘shliqning dastlab saqlanishi darhol qayta operatsiya talab qilmaydi. Qayta aralashuvdan oldin birlamchi dekompressiyaning yetarliligi va kraniotservikal likvor oqimi qayta baholanishi zarur. Taklif etilgan CM1-Likvor Select matritsasi klinik simptomatika, siringomiyeliya, dinamik likvor oqimi, kichik miya bodomchalari anatomiyasi va qayta operatsiya xavfini bitta konseptual qaror tizimida birlashtiradi. Mazkur modelni klinik amaliyotga joriy etishdan oldin prospektiv ko‘p markazli validatsiya talab qilinadi.

Adabiyotlar ro’yhati:

1. Bauer DF, Niazi T, Qaiser R, Infinger LK, Vachhrajani S, Ackerman LL, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for Patients With Kiari Malformation: Diagnosis. Neurosurgery. 2023;93(4):723–726. doi:10.1227/neu.0000000000002633.

2. Jackson EM, Jernigan S, Raskin JS, Ackerman LL, Infinger LK, O'Maher C, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for Patients With Kiari Malformation: Symptoms. Neurosurgery. 2023;93(4):727–730. doi:10.1227/neu.0000000000002634.
3. Pattisapu JV, Ackerman LL, Infinger LK, O'Maher C, Quinsey C, Rocque BG, et al. Congress of Neurological Surgeons Systematic Review and Evidence-Based Guidelines for Patients With Kiari Malformation: Surgical Interventions. Neurosurgery. 2023;93(4):731–735. doi:10.1227/neu.0000000000002635.
4. Massimi L, Peretta P, Erbetta A, Solari A, Farinotti M, Ciaramitaro P, et al. Diagnosis and treatment of Kiari malformation type 1 in children: the International Consensus Document. Neurol Sci. 2022;43(2):1311–1326. doi:10.1007/s10072-021-05317-9.
5. Aboulezz AO, Sartor K, Geyer CA, Gado MH. Position of cerebellar tonsils in the normal population and in patients with Kiari malformation: a quantitative approach with MR imaging. J Comput Assist Tomogr. 1985;9(6):1033–1036.
6. Meadows J, Kraut M, Guarnieri M, Haroun RI, Carson BS. Asymptomatic Kiari Type I malformations identified on magnetic resonance imaging. J Neurosurg. 2000;92(6):920–926.
7. Oldfield EH, Muraszko K, Shawker TH, Patronas NJ. Pathophysiology of syringomyelia associated with Kiari I malformation of the cerebellar tonsils: implications for diagnosis and treatment. J Neurosurg. 1994;80(1):3–15. doi:10.3171/jns.1994.80.1.0003.
8. Heiss JD, Patronas N, DeVroom HL, Shawker T, Ennis R, Kammerer W, et al. Elucidating the pathophysiology of syringomyelia. J Neurosurg. 1999;91(4):553–562. doi:10.3171/jns.1999.91.4.0553.
9. Heiss JD, Snyder K, Peterson MM, Patronas NJ, Butman JA, Smith RK, et al. Pathophysiology of primary spinal syringomyelia. J Neurosurg Spine. 2012;17(5):367–380. doi:10.3171/2012.8.SPINE111059.
10. Heiss JD. Cerebrospinal Fluid Hydrodynamics in Kiari I Malformation and Syringomyelia: Modeling Pathophysiology. Neurosurg Clin N Am. 2023;34(1):81–90. doi:10.1016/j.nec.2022.08.007.
11. Cerebrospinal Fluid Flow and Brain Motion in Kiari I Malformation: Past, Present, and Future. Neurosurg Clin N Am. 2023.
12. McGirt MJ, Nimjee SM, Fuchs HE, George TM. Relationship of cine phase-contrast magnetic resonance imaging with outcome after decompression for Kiari I malformations. Neurosurgery. 2006;59(1):140–146. doi:10.1227/01.NEU.0000219841.73999.B3.
13. McGirt MJ, Atiba A, Attenello FJ, Wasserman BA, Datoo G, Gathinji M, et al. Correlation of hindbrain CSF flow and outcome after surgical decompression for Kiari I malformation. Childs Nerv Syst. 2008;24(7):833–840. doi:10.1007/s00381-007-0569-1.
14. Durham SR, Fjeld-Olenec K. Comparison of posterior fossa decompression with and without duraplasty for the surgical treatment of Kiari malformation Type I in pediatric patients: a meta-analysis. J Neurosurg Pediatr. 2008;2(1):42–49.
15. Lu VM, Phan K, Crowley SP, Daniels DJ. The addition of duraplasty to posterior fossa decompression in the surgical treatment of pediatric Kiari malformation Type I: a systematic review and meta-analysis of surgical and performance outcomes. J Neurosurg Pediatr. 2017;20(5):439–449. doi:10.3171/2017.6.PEDS16367.
16. Tam SKP, Brodbelt A, Bolognese PA, Foroughi M. Posterior fossa decompression with duraplasty in Kiari malformation type 1: a systematic review and meta-analysis. Acta Neurochir (Wien). 2021;163(1):229–238. doi:10.1007/s00701-020-04403-9.
17. Zhao JL, Li MH, Wang CL, Meng W. A Systematic Review of Kiari I Malformation: Techniques and Outcomes. World Neurosurg. 2016;88:7–14. doi:10.1016/j.wneu.2015.11.087.

18. Tavallaii A, Keykhosravi E, Ghorbanpour A, Shahriari A, Rezaee H. Clinical and Radiological Outcomes of Dura-Splitting versus Duraplasty Techniques in Pediatric Kiari I Malformation: A Systematic Review and Meta-Analysis. Asian J Neurosurg. 2023;18(3):423–436. doi:10.1055/s-0043-1764324.
19. Chang TW, Zhang X, Maoliti W, Yuan Q, Yang XP, Wang JC. Outcomes of Dura Splitting Decompression Versus Posterior Fossa Decompression With Duraplasty in the Treatment of Kiari I Malformation: A Systematic Review and Meta-analysis. World Neurosurg. 2021;147:105–114. doi:10.1016/j.wneu.2020.11.163.
20. Attenello FJ, McGirt MJ, Gathinji M, Datoo G, Atiba A, Weingart J, et al. Outcome of Kiari-associated syringomyelia after hindbrain decompression in children: analysis of 49 consecutive cases. Neurosurgery. 2008;62(6):1307–1313.
21. Alfieri A, Pinna G. Long-term results after posterior fossa decompression in syringomyelia with adult Kiari type I malformation. J Neurosurg Spine. 2012;17:381–387.
22. Heiss JD, Suffredini G, Smith R, DeVroom HL, Patronas NJ, Butman JA, et al. Pathophysiology of persistent syringomyelia after decompressive craniocervical surgery. J Neurosurg Spine. 2010;13(6):729–742. doi:10.3171/2010.6.SPINE10200.
23. Soleman J, Roth J, Bartoli A, Rosenthal D, Korn A, Constantini S. Syringo-Subarachnoid Shunt for the Treatment of Persistent Syringomyelia Following Decompression for Kiari Type I Malformation: Surgical Results. World Neurosurg. 2017;108:836–843.
24. Alzain A, Halabieh S, Hamoud W, Almanea F, Alrdeeni R, Bin Yameen A, et al. Posterior Fossa Decompression Versus Syringo-Subarachnoid Shunt for Kiari I-associated Syringomyelia: A Systematic Review. Cureus. 2025;17(12). doi:10.7759/cureus.99276.
25. Prasad AS, Azmil Farid AFB, Wen ITJ, Zhang T, Kaliaperumal C. Efficacy of neurosurgical intervention in syrinx resolution in patients presenting with Kiari malformation type I and syringomyelia: a systematic review and radiological meta-analysis. Neurosurg Rev. 2025;48(1):724. doi:10.1007/s10143-025-03864-9.
26. Zhou LN, Xiao X, Chen XY, Gu SX, Liu XD, Shou JJ, et al. The Surgical Strategy Cerebrospinal Fluid Decompression Facilitates Outcomes of Adults with Kiari Malformation Type I: An Observational, Real-World, Single-Center Study of 528 Patients. World Neurosurg. 2024;189–e856. doi:10.1016/j.wneu.2024.07.016.
27. Jain A, MacElroy D, Malhotra A, Thomas Z, Bienenstock R, Carpenter A, et al. Predictive potential of radiographic characteristics on outcomes after Kiari Decompression surgery: A meta-analysis of the literature. Clin Neurol Neurosurg. 2025;259:109204. doi:10.1016/j.clineuro.2025.109204.
28. Da Cunha BL, Pustilnik HN, Fontes JHM, Meira DA, Porto Junior S, da Paz MGS, et al. Intraoperative neuromonitoring in Kiari I malformation surgery: a systematic review and meta-analysis. Neurosurg Rev. 2024;47(1):634. doi:10.1007/s10143-024-02736-y.
29. Palombi D, Brigato P, Benato A, De Salvatore S, Costici PF, de Saint Denis T, et al. Scoliosis associated with Kiari I malformation after posterior fossa decompression: a systematic review and meta-analysis of 380 pediatric patients. Spine Deform. 2026;14(3):755–766. doi:10.1007/s43390-025-01252-3.
30. Strahle J, Smith BW, Martinez M, et al. The association between Kiari malformation Type I, spinal syrinx, and scoliosis. J Neurosurg Pediatr. 2015;15(6):607–611.
31. Eule JM, Erickson MA, O'Brien MF, Handler M. Kiari I malformation associated with syringomyelia and scoliosis: a twenty-year review of surgical and nonsurgical treatment in a pediatric population. Spine. 2002;27(13):1451–1455.
32. Leung V, Magnussen JS, Stoodley MA, Bilston LE. Cerebellar and hindbrain motion in Kiari malformation with and without syringomyelia. J Neurosurg Spine. 2016;24(4):546–555.

33. Taylor DG, Chatrath A, Mastorakos P, et al. Cerebrospinal fluid area and syringogenesis in Kiari malformation type I. J Neurosurg. 2020;134(3):825–830.
34. Wang J, Alotaibi NM, Samuel N, Ibrahim GM, Fallah A, Cusimano MD. Acquired Kiari Malformation and Syringomyelia Secondary to Space-Occupying Lesions: A Systematic Review. World Neurosurg. 2017;98:800–808.e2. doi:10.1016/j.wneu.2016.11.080.
35. Chen J, Li Y, Wang T, Gao J, Xu J, Lai R, Tan D. Comparison of posterior fossa decompression with and without duraplasty for the surgical treatment of Kiari malformation type I in adult patients: a retrospective analysis of 103 patients. Medicine (Baltimore). 2017;96.
36. Brock RS, Taricco MA, de Oliveira MF, de Lima OM, Teixeira MJ, Bor-Seng-Shu E. Intraoperative ultrasonography for definition of less invasive surgical technique in patients with Kiari type I malformation. World Neurosurg. 2017;101:466–475.
37. Alhosani M, et al. Kiari Malformation Type I: A Review of Pathophysiology, Cerebrospinal Fluid Flow Dynamics, Diagnosis, Surgical Management, and Its Relationship to Syringomyelia. Cureus. 2026. doi:10.7759/cureus.101226.
38. Radiological outcome after surgical treatment of syringomyelia-Kiari I complex in adults: a systematic review and meta-analysis. Neurosurg Rev. 2021;44. doi:10.1007/s10143-020-01239-w.