



OG'IR BOSH MIYA SHIKASTLANISHIDA DEKOMPRESSIV KRANIEKTOMIYA: BEMORNI TANLASH, INTRAKRANIAL BOSIMNI NAZORAT QILISH VA OPERATSIYA VAQTINI INDIVIDUALLASHTIRISH

Muhammadov Nuriddin Asqarovich

Samarqand davlat tibbiyot universiteti huzuridagi Neyroxirurgiya va neyrorabilitatsiya
ixtisoslashtirilgan ilmiy-amaliy markazi

Annotatsiya. Og'ir bosh miya shikastlanishida refrakter intrakranial gipertenziya ikkilamchi miya shikastlanishining asosiy mexanizmlaridan biri bo'lib, miya perfuzion bosimining pasayishi, serebral ishemiya, transtentorial dislokatsiya va o'lim xavfini oshiradi. Dekompresiv kraniektomiya intrakranial bo'shliqning kompensator imkoniyatini oshirib, intrakranial bosimni tez kamaytirishga imkon beradigan hayotni saqlab qoluvchi neyroxirurgik usuldir. Biroq uning intrakranial bosimni samarali pasaytirishi har doim yaxshi funksional natija bilan teng emas. Mazkur ishning maqsadi og'ir bosh miya shikastlanishida dekompressiv kraniektomiyaga bemor tanlash, birlamchi va ikkilamchi dekompressiya o'rtasidagi farqlar, operatsiya vaqtini aniqlash, intrakranial bosim va miya perfuzion bosimini nazorat qilish, operativ texnika va kranioplastika strategiyalarini tizimlashtirishdan iborat. DECRA va RESCUEicp randomizatsiyalangan tadqiqotlarining klinik interpretatsiyasi, zamonaviy xalqaro tavsiyalar va uzoq muddatli funksional natijalar tahlil qilindi. Refrakter intrakranial gipertenziyaning erta va kech bosqichlarini bir xil klinik holat sifatida baholash maqsadga muvofiq emasligi ko'rsatildi. Operatsion qarorni individualizatsiyalash uchun shikastlanish morfologiyasi, qorachiqalar reaksiyasi, intrakranial bosim dinamikasi, kompyuter tomografiya fenotipi, bemor yoshi, tizimli fiziologik holat va davolashga javobni birlashtiruvchi konseptual TBI-DC Select matritsasi taklif qilindi. Ushbu matritsa validatsiyadan o'tgan prognostik shkala emas va kelajakdagi prospektiv tadqiqotlar uchun mualliflik modeli sifatida qaralishi kerak. Dekompresiv kraniektomiya uchun asosiy vazifa faqat intrakranial bosimni kamaytirish emas, balki omon qolishni nevrologik va funksional jihatdan maqbul natija bilan muvozanatlashtirishdan iborat.

Kalit so'zlar: og'ir bosh miya shikastlanishi, dekompressiv kraniektomiya, intrakranial gipertenziya, intrakranial bosim, miya perfuzion bosimi, miya shishi, DECRA, RESCUEicp, kranioplastika, neyroranimatsiya.

ДЕКОМПРЕССИВНАЯ КРАНИЭКТОМИЯ ПРИ ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО- МОЗГОВОЙ ТРАВМЕ: ОТБОР ПАЦИЕНТОВ, КОНТРОЛЬ ВНУТРИЧЕРЕПНОГО ДАВЛЕНИЯ И ИНДИВИДУАЛИЗАЦИЯ СРОКОВ ОПЕРАЦИИ

Мухаммадов Нуриддин Аскарлович

Специализированный научно-практический центр нейрохирургии и нейрореабилитации
при Самаркандском Медицинском Университете

Аннотация. Рефрактерная внутричерепная гипертензия при тяжелой черепно-мозговой травме является одним из ключевых механизмов вторичного повреждения головного мозга и ассоциируется со снижением церебрального перфузионного давления, церебральной ишемией, дислокационным синдромом и повышенной летальностью.

Декомпрессивная краниэктомия представляет собой нейрохирургический метод, позволяющий увеличить резерв внутричерепного пространства и быстро уменьшить внутричерепное давление. Однако эффективное снижение внутричерепного давления не всегда сопровождается улучшением функционального исхода. Целью настоящей работы является систематизация современных критериев отбора пациентов, разграничение первичной и вторичной декомпрессивной краниэктомии, анализ сроков операции, мониторинга внутричерепного и церебрального перфузионного давления, хирургической техники и последующей краниопластики. Рассмотрена клиническая интерпретация исследований DECRA и RESCUEicp, современных международных рекомендаций и данных длительного наблюдения. Предложена концептуальная матрица TBI-DC Select, интегрирующая морфологию повреждения, реакцию зрачков, динамику внутричерепного давления, компьютерно-томографический фенотип, возраст, системную физиологию и ответ на интенсивную терапию. Матрица не является валидированной прогностической шкалой и предназначена как основа для дальнейших проспективных исследований.

Ключевые слова: тяжелая черепно-мозговая травма, декомпрессивная краниэктомия, внутричерепная гипертензия, внутричерепное давление, церебральное перфузионное давление, отек мозга, краниопластика.

DECOMPRESSIVE CRANIECTOMY IN SEVERE TRAUMATIC BRAIN INJURY: PATIENT SELECTION, INTRACRANIAL PRESSURE CONTROL, AND INDIVIDUALIZATION OF SURGICAL TIMING

Mukhammadov Nuriddin Askarovich

Specialized scientific and practical center for Neurosurgery and Neurorehabilitation at the Samarkand State Medical University

Abstract. Refractory intracranial hypertension is a major mechanism of secondary brain injury after severe traumatic brain injury and is associated with impaired cerebral perfusion, ischemia, brain herniation, and increased mortality. Decompressive craniectomy is a potentially life-saving neurosurgical procedure that expands intracranial volume and rapidly reduces intracranial pressure. However, effective pressure control does not necessarily translate into favorable neurological recovery. This review systematizes contemporary principles of patient selection, differentiation between primary and secondary decompressive craniectomy, timing of surgery, intracranial and cerebral perfusion pressure monitoring, surgical technique, complication surveillance, and subsequent cranioplasty. The clinical implications of the DECRA and RESCUEicp randomized trials, international guidelines, and long-term outcome studies are analyzed. Early and late refractory intracranial hypertension should not be interpreted as equivalent clinical states. A conceptual TBI-DC Select matrix integrating injury morphology, pupillary reactivity, intracranial pressure trajectory, computed tomography phenotype, age, systemic physiology, and response to medical treatment is proposed. This matrix is not a validated prognostic score and should be considered a framework for future prospective validation. The primary objective of decompressive craniectomy should not be pressure reduction alone but optimization of survival while preserving the highest achievable neurological and functional outcome.

Keywords: severe traumatic brain injury, decompressive craniectomy, intracranial hypertension, intracranial pressure, cerebral perfusion pressure, cerebral edema, cranioplasty.

Kirish. Bosh miya shikastlanishi dunyo miqyosida o'lim va uzoq muddatli nogironlikning yetakchi sabablaridan biri bo'lib, uning eng og'ir shakllari yosh va mehnatga layoqatli aholi orasida katta ijtimoiy-iqtisodiy yo'qotishlarga olib keladi [1, 2]. Og'ir bosh miya shikastlanishida birlamchi mexanik shikastlanishdan keyin rivojlanadigan ikkilamchi patofiziologik jarayonlar ko'pincha

yakuniy nevrologik natijani belgilaydi. Miya shishi, gematomalar hajmining ortishi, mikrosirkulyator disfunksiya, gipoksiya, arterial gipotenziya, metabolik inqiroz va intrakranial bosimning oshishi ushbu ikkilamchi zararlanishning asosiy komponentlari hisoblanadi [2–5]. Monro–Kelli konsepsiyasiga ko‘ra, qattiq kalla qutisi ichidagi miya parenximasi, qon va orqa miya suyuqligi hajmlarining yig‘indisi deyarli doimiydir. Kompensator mexanizmlar tugagach, hatto intrakranial hajmning nisbatan kichik qo‘shimcha oshishi ham intrakranial bosimning keskin ko‘tarilishiga olib keladi. Natijada miya perfuzion bosimi pasayadi, mikrosirkulyatsiya yomonlashadi va transtentorial yoki tonsillar dislokatsiya xavfi ortadi. Zamonaviy Brain Trauma Foundation tavsiyalarida intrakranial bosimni 22 mm simob ustunidan yuqori ko‘rsatkichlarda davolash klinik natijani yaxshilashga qaratilgan muhim tamoyil sifatida ko‘rsatilgan [3, 4]. Intrakranial bosim bitta raqam bilan ifodalansa-da, uning klinik ahamiyati vaqt, davomiyligi, miya autoregulyatsiyasi, arterial bosim, miya perfuzion bosimi va shikastlanish morfologiyasiga bog‘liq. Shu sababli izolyatsiyalangan bir martalik bosim o‘lchovidan ko‘ra bosim yuklamasi, ya‘ni yuqori intrakranial bosimning intensivligi va davomiyligi muhimroq bo‘lishi mumkin [5, 13]. Seattle xalqaro og‘ir bosh miya shikastlanishi konsensusida intrakranial gipertenziyani davolash bosqichma-bosqich tashkil etilib, yuqori xavfli usullar faqat oldingi bosqichlar yetarli bo‘lmaganda qo‘llanishi taklif qilingan [5].

Invaziv intrakranial bosim monitoringi og‘ir bosh miya shikastlanishini boshqarishning muhim tarkibiy qismi bo‘lib qolmoqda. BEST tadqiqoti monitor ko‘rsatkichlariga asoslangan protokol klinik va tasviriy belgilar asosidagi qat‘iy protokoldan ustunligini ko‘rsata olmagan bo‘lsa-da, ushbu natija intrakranial bosim monitoringining fiziologik ahamiyatini inkor etmaydi [6]. Tadqiqot, aksincha, monitoring o‘zi emas, balki olingan ma‘lumotga qanday terapevtik javob berilishi hal qiluvchi ekanini ko‘rsatdi. Shu sababli zamonaviy amaliyotda intrakranial bosim ko‘rsatkichi kompyuter tomografiya, nevrologik holat, qorachiq reaksiyasi, arterial bosim, miya perfuzion bosimi va boshqa neyromonitoring ma‘lumotlari bilan integratsiyalashgan holda talqin qilinadi [3–6]. Dekompresiv kraniektomiya qattiq suyak chegarasining katta qismini olib tashlash va qattiq miya pardasini kengaytirish orqali shishgan miya uchun qo‘shimcha hajm yaratadi. Natijada intrakranial bosim pasayadi, miya perfuzion bosimi oshishi mumkin va dislokatsiya sindromining rivojlanishi to‘xtatiladi. Biroq bu fiziologik samaradorlik operatsiyaning avtomatik ravishda yaxshi funksional natija berishini anglatmaydi. Zamonaviy dalillar aynan ushbu farqni aniq ko‘rsatdi [7–10]. DECRA randomizatsiyalangan tadqiqotida diffuz shikastlanishli bemorlarda erta bosqichdagi nisbatan past chegarali refrakter intrakranial gipertenziyada bifrontotemporoparietal dekompressiv kraniektomiya o‘rganildi [7]. Operatsiya intrakranial bosimni samarali pasaytirgan, yuqori bosimda o‘tgan vaqtni va reanimatsion aralashuvlar sonini kamaytirgan. Biroq olti oylik funksional natija jarrohlik guruhida yaxshilanmagan, dastlabki tahlilda esa yomonroq bo‘lgan [7]. O‘n ikki oylik keyingi tahlilda ayrim statistik farqlar kamaygan bo‘lsa ham, dekompressiya qilingan bemorlar orasida vegetativ va og‘ir nogironlik bilan omon qolish muammosi saqlanib qolgan [8].

RESCUEicp tadqiqoti klinik jihatdan boshqa vaziyatni o‘rgandi: intrakranial bosim 25 mm simob ustunidan yuqori bo‘lib, maksimal darajadagi tibbiy davoga qaramay uzoqroq davom etayotgan bemorlar [9]. Bu yerda dekompressiv kraniektomiya o‘limni sezilarli kamaytirdi, biroq omon qolganlar orasida vegetativ, og‘ir va o‘rta nogironlik darajalari ham ortdi. Yigirma to‘rt oylik tahlil jarrohlik guruhida o‘limning kamayishi saqlanib qolganini va ayrim bemorlarda 6 oydan 24 oygacha funksional yaxshilanish davom etganini ko‘rsatdi [10]. Shunday qilib, DECRA va RESCUEicp natijalari bir-birini inkor etmaydi; ular turli bosqichdagi intrakranial gipertenziyada dekompressiyaning turli klinik oqibatlarini tasvirlaydi [7–10]. 2020-yilgi yangilangan Brain Trauma Foundation tavsiyalarida kech rivojlangan refrakter intrakranial gipertenziyada ikkilamchi dekompressiv kraniektomiya o‘limni va qulay natija ehtimolini yaxshilash uchun qo‘llanishi mumkinligi qayd etilgan, erta refrakter intrakranial gipertenziyada esa dekompressiyaning funksional natijani yaxshilash maqsadida rutinda qo‘llanishi tavsiya qilinmaydi [4]. Xalqaro

konsensus ham birlamchi dekompressiya, ikkilamchi dekompressiya, jarrohlik texnikasi va keyingi kranioplastikani bir-biridan alohida klinik masalalar sifatida baholash kerakligini ta'kidlagan [11]. Dekompresiv kraniektomiyaning yana bir muhim masalasi uning hajmidir. Jiang va hammualliflar tomonidan o'tkazilgan ko'p markazli randomizatsiyalangan tadqiqotda katta frontotemporoparietal dekompressiya 6×8 sm hajmdagi cheklangan kraniektomiyaga nisbatan yaxshi natijalar bilan bog'langan [12]. Brain Trauma Foundation tavsiyalarida ham ikkilamchi dekompressiyada kamida 12×15 sm hajmdagi katta frontotemporoparietal suyak oynasi kichik oynaga nisbatan afzal ko'riladi [4]. Biroq 2026-yildagi CENTER-TBI kuzatuv ma'lumotlari real klinik amaliyotda kraniektomiya hajmi markazlar orasida juda katta farq qilishini va tavsiya qilingan o'lchamlar har doim ham bajarilmasligini ko'rsatadi [36]. Bu holat texnik standartlarni bemorning individual kalla o'lchami va shikastlanish anatomiyasi bilan uyg'unlashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Dekompressiyadan keyin intrakranial fiziologiya ham o'zgaradi. Kalla qutisi yopiq tizim bo'lishdan chiqadi, intrakranial bosim to'liq shakli va tomir reaktivligi klassik yopiq kalladagi kabi talqin qilinmasligi mumkin [13]. 2024-yildagi tizimli tahlil dekompressiyadan keyin invaziv monitoring standart aniqlik vositasi bo'lib qolayotganini, biroq transkraniyal ultratovush, qorachiq o'lchovi va boshqa noinvaziv usullar yordamchi nazorat sifatida qo'llanishi mumkinligini ko'rsatdi [14]. Shunday qilib, dekompressiv kraniektomiya "bosim yuqori — operatsiya qilish" kabi oddiy algoritmgaga sig'maydi. Qaror shikastlanish morfologiyasi, bosimning davomiyligi, bemor yoshi, qorachiq reaksiyasi, tizimli gemodinamika, birlamchi miya shikastlanishining og'irligi va intensiv davoga javobning integratsiyasiga asoslanishi kerak [3–16]. Mazkur ishning maqsadi og'ir bosh miya shikastlanishida dekompressiv kraniektomiyaning zamonaviy o'rnini tizimlashtirish, operatsiyaga bemor tanlash mezonlarini tahlil qilish, birlamchi va ikkilamchi dekompressiyani farqlash, operatsion texnika va asoratlarni ko'rib chiqish hamda klinik qarorni individualizatsiyalashga qaratilgan konseptual model taklif etishdan iborat.

Materiallar va usullar. Mazkur maqola narrativ-tahliliy sharh sifatida tayyorlandi. PubMed/MEDLINE bazasida og'ir bosh miya shikastlanishi, intrakranial gipertenziya, dekompressiv kraniektomiya, intrakranial bosim monitoringi, miya perfuzion bosimi, kraniektomiya hajmi, posttravmatik gidrosefaliya, trepanatsiya sindromi va kranioplastika mavzulariga bag'ishlangan ilmiy ishlar tahlil qilindi. Asosiy e'tibor randomizatsiyalangan nazoratli tadqiqotlar, xalqaro klinik tavsiyalar, konsensus hujjatlari, tizimli sharhlar, meta-tahlillar va yirik prospektiv yoki ko'p markazli kuzatuv tadqiqotlariga qaratildi. DECRA, RESCUEicp, BEST, Brain Trauma Foundation va Seattle xalqaro konsensus ma'lumotlari metodologik tayanch sifatida olindi. Tahlil qilinadigan asosiy ko'rsatkichlar intrakranial bosim dinamikasi, o'lim, kengaytirilgan Glasgow natijalar shkalasi, vegetativ holat, og'ir va o'rta nogironlik, kraniektomiya o'lchami, operatsiyadan keyingi yangi gematoma, subdural gigroma, gidrosefaliya, infeksiya, tutqanoq, trepanatsiya sindromi va kranioplastikadan keyingi funksional tiklanishdan iborat bo'ldi.

Tadqiqotning original tahliliy qismi sifatida bemorni operatsiyaga tanlash uchun "TBI-DC Select" konseptual matritsasi ishlab chiqildi. U validatsiyalangan klinik shkala hisoblanmaydi va prospektiv tadqiqotda keyinchalik tekshirilishi lozim bo'lgan gipoteza sifatida taklif qilinadi.

Natijalar. Birlamchi va ikkilamchi dekompressiv kraniektomiya. Birlamchi dekompressiv kraniektomiya travmatik gematoma yoki kontuziya o'chog'ini evakuatsiya qilish vaqtida suyak qopqog'ini qayta o'rnatmaslikni anglatadi. Bunday qaror operatsiya vaqtida miya shishi, qattiq miya pardasining tarangligi, kompyuter tomografik dislokatsiya, shikastlanish hajmi va keyingi intrakranial gipertenziya xavfi asosida qabul qilinadi. Ikkilamchi dekompressiv kraniektomiya esa dastlab jarrohlik talab qilmagan yoki suyak qopqog'i qayta o'rnatilgan bemorda intensiv terapiyaga qaramay refrakter intrakranial gipertenziya rivojlanganda bajariladi. Bu ikki holat biologik va klinik jihatdan bir xil emas. Birlamchi dekompressiyada operatsiya qarori ko'pincha mass-effektni keltirib chiqaruvchi anatomik o'choq bilan bog'liq bo'lsa, ikkilamchi dekompressiyada asosiy nishon intensiv davoga javob bermaydigan intrakranial bosimdir.

Intrakranial bosim asosidagi operatsion qaror. Intrakranial bosimni 22 mm simob ustunidan yuqori ko'rsatkichlarda davolash zamonaviy tavsiyalarning asosiy tamoyillaridan biridir. Biroq dekompressiv kraniektomiya uchun qat'iy bitta raqam mavjud emas. Bosimning qancha vaqt davom etgani, qanday davolash usullariga javob bermagani, miya perfuzion bosimi va bemorning nevrologik dinamikasi ham hisobga olinadi. SIBICC konsepsiyasida intrakranial gipertenziya terapiyasi xavf darajasi ortib boradigan pog'onalar asosida tashkil etiladi. Dekompresiv kraniektomiya yuqori xavfli invaziv choralar qatoriga kiradi va odatda sedatsiya, ventrikulyar drenaj, osmotik terapiya, ventilyatsiyani optimallashtirish va boshqa vositalar yetarli bo'lmaganda muhokama qilinadi.

Jadval 1. DECRA va RESCUEicp tadqiqotlarining klinik farqlari

Ko'rsatkich	DECRA	RESCUEicp
Asosiy klinik vaziyat	Erta refrakter intrakranial gipertenziya	Kech va og'ir refrakter intrakranial gipertenziya
Bosim strategiyasi	Nisbatan past chegarada erta dekompressiya	>25 mm sim. ust., maksimal terapiyaga qaramay
Shikastlanish turi	Asosan diffuz TBI	Turli TBI fenotiplari
Asosiy maqsad	Erta neyroprotektiv dekompressiya	Oxirgi bosqichdagi hayotni saqlovchi dekompressiya
Intrakranial bosim	Samarali kamaygan	Samarali kamaygan
O'limga ta'sir	Aniq kamaymagan	Sezilarli kamaygan
Funksional natija	Yaxshilanmagan	Omon qolish oshgan, ammo og'ir nogironlik ham ko'paygan
Klinik xulosa	Erta rutinali dekompressiyani qo'llab-quvvatlamaydi	Tanlangan refrakter bemorlarda hayotni saqlab qolishi mumkin

Ushbu jadval dekompressiv kraniektomiya natijasini muhokama qilishda vaqt va intrakranial gipertenziya og'irligi mutlaqo hisobga olinishi kerakligini ko'rsatadi.

Kompyuter tomografik fenotip. Operatsiya qarorida kompyuter tomografiya faqat "shish bor" yoki "gematoma bor" degan xulosadan ko'ra kengroq baholanishi kerak. Bazal sisternalarning kompressiyasi, o'rta chiziq siljishi, lateral qorinchalar kompressiyasi, kontuziyalarning ko'pligi, subaraxnoidal yoki intraventrikulyar qon, diffuz shish va ikkilamchi infarkt zonalari prognozga ta'sir qilishi mumkin. Bir tomonlama katta frontotemporo-parietal kontuziya va dislokatsiya bilan diffuz ikki yarimshar shishining operatsion strategiyasi bir xil emas. Birinchisida keng gemikraniektomiya anatomik jihatdan mantiqiy bo'lsa, ikkinchisida bifrontal dekompressiya tarixan qo'llanilgan bo'lsa-da, DECRA ma'lumotlari uning erta rutinali qo'llanishiga ehtiyotkor yondashishni talab qiladi.

Kraniektomiya hajmi va texnikasi. Yetarli hajmdagi suyak dekompressiyasi juda muhim. Kichik kraniektomiya orqali shishgan miya suyak chetida strangulyatsiyalanib, tashqi miya churrasi, venoz siqilish va mahalliy ishemiyani kuchaytirishi mumkin. Bir tomonlama dekompressiyada frontal, parietal va temporal soha keng ochilishi, temporal suyak bazal darajagacha rezeksiya qilinishi lozim. O'rta kalla chuqurchasi tubiga yetarli tushish unkal dislokatsiyaga qarshi dekompressiyaning muhim komponentidir. Qattiq miya pardasini keng ochish va kengaytiruvchi duraplastika miya hajmining tashqariga erkin dekompressiyasiga imkon beradi. Shu bilan birga, korteksni to'g'ridan-to'g'ri jarohatlanishdan himoya qilish, venoz strukturalarni siqib qo'ymaslik va teri qoplamini tarang tikmaslik zarur.

Jadval 2. Dekompresiv kraniektomiyaning texnik maqsadlari

Jarrohlik komponenti	Maqsad	Yetarli bajarilmaganda xavf
Keng suyak oynasi	Intrakranial hajmni oshirish	Miya to'qimasining suyak chetida siqilishi
Bazal temporal dekompressiya	Unkal va transtentorial bosimni kamaytirish	Davom etuvchi dislokatsiya
Keng duratomiya	Miya shishiga erkin joy yaratish	Dekompresiyaning yetarli bo'lmashligi
Duraplastika	Korteksni himoyalash va bosimni yumshoq tarqatish	Yopilish tarangligi
Gemostaz	Ikkilamchi gematoma profilaktikasi	Qarama-qarshi yoki ipsilateral gematoma
Teri yopilishi	Yumshoq to'qimalarni barqaror qoplash	Nekroz, likvoreya, infeksiya

Operatsiyadan keyingi intrakranial monitoring. Dekompresiv kraniektomiya bajarilganidan keyin intrakranial bosim kamaygan bo'lsa ham, monitoringni avtomatik to'xtatish maqsadga muvofiq emas. Qoldiq shish, kontuziyalarning gemorragik progressiyasi, yangi gematoma, venoz disfunktsiya yoki gidrosefaliya tufayli ikkilamchi bosim oshishi mumkin. Invaziv monitoring operatsiyadan keyingi eng to'g'ridan-to'g'ri usul hisoblanadi. Biroq ochiq kalla geometriyasida intrakranial bosimning absolut qiymati va puls to'liqlarini interpretatsiya qilish yopiq kalladagidan murakkabroq. Shu sababli monitoring klinik nevrologik baholash, ketma-ket kompyuter tomografiya va tizimli fiziologik ma'lumotlar bilan birga talqin qilinishi kerak.

Erta asoratlar. Dekompresiv kraniektomiyadan keyingi asoratlar tasodifiy emas, ko'pincha vaqt bo'yicha ma'lum ketma-ketlikda rivojlanadi. Dastlabki soat va kunlarda kontuziya hajmining ortishi, operatsiya tomonida yoki qarama-qarshi tomonda yangi epidural yoki subdural gematoma, tashqi miya churrasi va operatsion qon ketish kuzatilishi mumkin. Dekompresiya intrakranial tamponada effektini birdan kamaytirgani sababli ilgari bosim ostida qolgan qon tomirdan qon ketish qayta boshlanishi mumkin. Shu sababli operatsiyadan keyingi erta kompyuter tomografik nazorat alohida ahamiyatga ega. Subdural gigroma va posttravmatik gidrosefaliya. Dekompresiyadan keyingi orqa miya suyuqligi dinamikasining buzilishi natijasida subdural gigroma paydo bo'lishi mumkin. Ko'pchilik gigromalar klinik aralashuvsiz qaytishi mumkin, biroq interhemisferik yoki qarama-qarshi gigroma keyinchalik posttravmatik gidrosefaliya xavfi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Posttravmatik gidrosefaliya nevrologik reabilitatsiyani sezilarli sekinlashtiradi va ong tiklanishining "to'xtashi" sifatida noto'g'ri talqin qilinishi mumkin. Qorinchalar kengayishini faqat miya atrofiyasidan farqlash kerak; klinik dinamika, ketma-ket tasvirlar va zarur holatda likvorodinamik baholash qo'llanadi.

Trepanatsiya sindromi. Katta kalla defekti saqlanib turgan bemorlarda atmosferik bosim, intrakranial qon oqimi va orqa miya suyuqligi gidrodinamikasining o'zgarishi natijasida trepanatsiya sindromi rivojlanishi mumkin. Klinik jihatdan bu yangi yoki kuchaygan parez, nutq buzilishi, kognitiv pasayish, charchoq, bosh og'rig'i, hushyorlikning kamayishi va reabilitatsion progressning to'xtashi bilan namoyon bo'ladi. Muhim xususiyat shundaki, kranioplastikadan keyin ushbu belgilar qisqa muddat ichida yaxshilanishi mumkin. Demak, kranioplastika faqat kosmetik yoki mexanik rekonstruksiya emas, balki ayrim bemorlarda neyrofiziologik davolash bosqichidir.

TBI-DC Select konseptual matritsasi. Dekompresiv kraniektomiyaga bemor tanlashni strukturalashtirish uchun quyidagi konseptual matritsa taklif qilinadi. (Jadval.3)

Klinik omil	Operatsiyadan foyda ehtimolini oshiruvchi fenotip	Noqulay prognoz yoki ehtiyotkorlikni talab qiluvchi fenotip
Yosh	Yosh va o'rta yosh	Juda katta yosh

Qorachiqilar	Kamida bir tomonda reaktiv	Uzoq davom etgan ikki tomonlama fiksatsiyalangan midriaz
KT morfologiyasi	Potensial qaytariladigan mass-effekt va shish	Keng ikki yarimshar destruksiya, katta ishemik zararlanish
Intrakranial bosim	Davoga qaramay barqaror yuqori	Yengil yoki qisqa vaqtli ko'tarilish
Terapiyaga javob	Birinchi va ikkinchi bosqich usullariga refrakter	Standart davoda nazorat qilinadigan
Sistemik holat	Barqaror oksigenatsiya va gemodinamika	Davomli og'ir gipoksiya yoki refrakter shok
Vaqt	Dislokatsiyadan oldingi imkoniyat oynasi	Uzoq davom etgan terminal dislokatsiya
Reabilitatsion potensial	Saqlangan	Juda past

Matritsa bitta ballga aylantirilmaydi. Uning maqsadi jarroh, neyroreanimatolog va oila o'rtasidagi qaror muhokamasini standartlashtirishdir.

Muhokama. Dekompresiv kraniektomiya og'ir bosh miya shikastlanishida eng kuchli intrakranial bosimni pasaytiruvchi vositalardan biri, biroq uning klinik ahamiyati "bosimni tushiradi" degan fiziologik natijadan ancha murakkabdir. Aarabi va hammualliflarning katta serebral shish bo'yicha seriyasi, shuningdek, keyingi texnik tahlillar operatsiyaning ayrim o'lim xavfi yuqori bemorlarda uzoq muddatli funksional tiklanish imkonini yaratishini ko'rsatgan [15, 16]. Shu bilan birga, tizimli sharhlar dekompressiyaning o'zi gemorragik, infeksiyon va orqa miya suyuqligi dinamikasi bilan bog'liq ko'plab asoratlarni keltirib chiqarishi mumkinligini aniq ko'rsatadi [17, 18]. DECRA tadqiqotining asosiy sabog'i intrakranial bosim ko'tarilishi aniqlangan zahoti erta keng dekompressiya qilish avtomatik ravishda foydali emasligidir [7, 8]. Tadqiqotda operatsiya yuqori bosim vaqtini kamaytirgan bo'lsa ham, uzoq muddatli funksional natija yaxshilanmagan. Bu topilma intrakranial bosimni surrogat ko'rsatkich sifatida davolash va bemorning haqiqiy nevrologik natijasini davolash o'rtasidagi farqni ko'rsatdi. RESCUEicp boshqa klinik savolga javob berdi [9, 10]. Juda og'ir va davomli refrakter intrakranial gipertenziyada operatsiya bemorlarni o'limdan saqlab qoldi. Biroq omon qolish spektri vegetativ holatdan o'rta nogironlik va yaxshi tiklanishgacha bo'lgan. Yigirma to'rt oylik natijalarda jarrohlik guruhidagi bemorlarning bir qismi keyingi davrda funksional yaxshilanishda davom etgan [10]. Bu neyroreabilitatsiyaning uzoq muddatli ahamiyatini va olti oylik natija TBI uchun har doim yakuniy nuqta emasligini ko'rsatadi. Shuning uchun dekompressiv kraniektomiyani "foydali" yoki "foydasiz" deb umumiy baholash ilmiy jihatdan noto'g'ri. Uning ta'siri davolash bosqichiga, bemorning asosiy miya zararlanishi og'irligiga va qaysi funksional natija bemor uchun maqbul deb hisoblanishiga bog'liq [4, 9–11]. Etik jihatdan ham bu masala muhim. RESCUEicp operatsiyasi o'limni kamaytiradi, ammo ayrim qo'shimcha omon qolganlar og'ir nogironlik holatida qoladi [9, 10]. Shu sababli operatsiya muhokamasida faqat "bemor yashaydimi?" emas, balki "qanday funksional holatda yashashi mumkin?" savoli ham ko'rib chiqilishi kerak. Oilaga noaniqlik ochiq tushuntirilishi va prognostik modellardan yordamchi vosita sifatida foydalanilishi mumkin.

Operatsion texnika ham natijaga ta'sir qiladi. Jiang va hammualliflarning randomizatsiyalangan tadqiqotida katta 12×15 sm dekompressiya kichik 6×8 sm oynaga qaraganda yaxshi natija bergan [12]. Biroq 2026-yildagi CENTER-TBI real klinik ma'lumotlari operatsion hajm juda heterogenligini va "katta" tushunchasi real amaliyotda turlicha bajarilishini ko'rsatdi [36]. Bosh o'lchamiga nisbatan individual dekompressiya maydoni kabi konsepsiyalar ham taklif qilingan. Shu sababli kelajakda faqat absolut santimetr emas, dekompressiya maydonining kalla ichki yuzasiga nisbati ham o'rganilishi mumkin. Qattiq miya pardasini kengaytiruvchi plastika dekompressiyaning muhim qismi hisoblanadi [16]. Faqat suyakni olib tashlab, qattiq pardani

cheklangan ochish dekompressiv effektini kamaytiradi. Biroq pardani keng ochish miya sirtini tashqi mexanik ta'sirlarga ko'proq ochadi va keyingi kranioplastikada bitishmalarni kuchaytirishi mumkin. Demak, jarrohlik texnikasi bir vaqtning o'zida akut dekompressiya va keyingi rekonstruksiya hisobga olishi kerak. Operatsiyadan keyingi intrakranial monitoring ham bahsli masaladir. Rochat va hammualliflarning 2024-yildagi tahlili dekompressiyadan keyin intrakranial bosim to'liqlarining fiziologik talqini o'zgarishini ko'rsatdi [13]. Palavani va hammualliflarning 1624 bemorni qamrab olgan meta-tahlilida invaziv va noinvaziv usullar bo'yicha mavjud ma'lumotlar heterogen bo'lsa-da, invaziv monitoring to'g'ridan-to'g'ri o'lchov uchun asosiy usul bo'lib qolayotgani ko'rsatilgan [14]. Bu esa "suyak olib tashlangan, endi intrakranial bosim muhim emas" degan qarashning noto'g'ri ekanini ko'rsatadi.

Dekompressiv kraniektomiyadan keyingi asoratlarni vaqt bo'yicha tushunish klinik kuzatuvni yaxshilaydi. Kurland va hammualliflarning tizimli sharhida asoratlari gemorragik, yallig'lanish-infeksion va orqa miya suyuqligi bo'limlari disfunksiyasi sifatida katta guruhlariga ajratilgan [17]. Honeybul va Ho esa erta qarama-qarshi gematoma, tashqi miya churrasi, keyinchalik subdural effuziya, gidrosefaliya va trepanatsiya sindromi kabi ketma-ket asoratlarni ta'riflagan [18]. Bu klinik jihatdan nazorat kompyuter tomografiyasining vaqti ham asoratlari biologiyasiga mos bo'lishi kerakligini anglatadi. Subdural gigroma keng tarqalgan, lekin har doim davolashni talab qilmaydigan hodisadir. Lu va hammualliflar meta-tahlilida gigroma keyingi posttravmatik gidrosefaliya bilan kuchli bog'liqlik ko'rsatgan, garchi dalil sifati heterogen bo'lsa ham [19]. Signorelli va hammualliflar bazal sisternalarning shikastlanishi gigroma rivojlanishi bilan bog'liq ekanini ko'rsatgan [20]. Shuning uchun yangi interhemisferik yoki qarama-qarshi gigroma kuzatilgan bemorlarda qorinchalar hajmi va nevrologik tiklanish dinamikasini yaqinroq nazorat qilish maqsadga muvofiq. Posttravmatik gidrosefaliya dekompressiyadan keyingi rehabilitatsiyaning eng muhim tormozlovchi omillaridan biri hisoblanadi. 2025-yilgi tizimli tahlilda uning umumiy chastotasi taxminan beshdan bir bemorda kuzatilgan va subaraxnoidal hamda intraventrikulyar qon, past dastlabki Glasgow koma balli, ikki tomonlama dekompressiya, infeksiya va gigroma kabi omillar xavfni oshirgan [21]. Ayniqsa kraniektomiya chetining o'rta chiziqqa juda yaqin joylashishi modifikatsiya qilinishi mumkin bo'lgan texnik xavf omili sifatida muhokama qilingan [21]. Bu jarrohlik geometriyasi keyingi likvorodinamikaga ta'sir qilishi mumkinligini ko'rsatadi. Trepanatsiya sindromi ko'pincha yetarli darajada tan olinmaydi. Ashayeri va hammualliflarning tizimli sharhida motor, kognitiv va nutq buzilishlari eng ko'p uchragan va kranioplastikadan keyin ayrim bemorlarda tez klinik yaxshilanish kuzatilgan [22]. Ushbu fenomen kranioplastikaning nafaqat kalla himoyasi, balki serebral qon oqimi, atmosferik bosim ta'siri va likvorodinamikani tiklashdagi rolini ko'rsatadi. Kranioplastikaning o'zi ham asoratsiz operatsiya emas. Shepetovsky va hammualliflarning 9264 bemorni o'z ichiga olgan meta-tahlilida travmatik etiologiya suyak qopqog'i rezorbsiyasi va infeksiya xavfining yuqoriroq bo'lishi bilan bog'langan [23]. Shu sababli bemorning yoshi, saqlangan autolog suyakning holati, infeksiya tarixi, gidrosefaliya va sintetik implant imkoniyati individual ravishda baholanishi kerak. Posttravmatik kranioplastika bo'yicha xalqaro konsensus optimal vaqtning bitta qat'iy nuqtasi yo'qligini va qaror miya shishi qaytishi, yara holati, infeksiya, gidrosefaliya, rehabilitatsiya ehtiyoji va bemorning umumiy holati bilan belgilanadiganini ta'kidlagan [24]. 2024-yildagi Yevropa ekspert tavsiyalari ham kranioplastika va posttravmatik gidrosefaliyani bir-biriga bog'langan jarayon sifatida ko'rib chiqishni taklif qiladi [25].

So'nggi yillarda erta kranioplastikaga qiziqish oshdi. Thamilmiran va hammualliflarning 2026-yilgi meta-tahlilida 90 kungacha bajarilgan kranioplastika bilan kech rekonstruksiya o'rtasida umumiy asoratlari bo'yicha aniq universal ustunlik aniqlanmagan; implant materiali va individual klinik kontekst natijaga sezilarli ta'sir qilgan [26]. Boshqa 2026-yilgi meta-tahlillar ham erta kranioplastika funksional tiklanish bilan bog'liq bo'lishi mumkinligini, biroq kuzatuv ma'lumotlaridagi tanlov xatosi sababli sababiy xulosa qilish qiyinligini ta'kidlaydi [27].

Kranioplastika vaqtini dekompressiyadan o'tgan har bir bemor uchun "3 oydan oldin" yoki "3 oydan keyin" kabi oddiy kategoriya bilan belgilash shuning uchun yetarli emas. Miya shishi tugagan, infeksiya yo'q, teri holati yaxshi va gidrosefaliya masalasi hal etilgan bemorda erta rekonstruksiya reabilitatsiyani osonlashtirishi mumkin. Boshqa bemorda esa infeksiya, ochiq yara, takroriy operatsiya yoki davom etayotgan gidrosefaliya kechiktirishga sabab bo'ladi. Dekompresiv kraniektomiyadan keyingi natijani faqat tirik qolish bilan o'lchash ham yetarli emas. Glasgow natijalar shkalasining kengaytirilgan turi funksional mustaqillikni umumiy tasniflaydi, biroq kognitiv holat, ruhiy salomatlik, kasbga qaytish va oilaviy yukni to'liq ifodalaymaydi. Uzoq muddatli seriyalarda depressiya, ijro funksiyasi buzilishi, xotira va diqqat muammolari omon qolgan bemorlarda keng tarqalganligi ko'rsatilgan [28–30]. Shuning uchun dekompressiya haqidagi qaror jarrohlikdan keyingi ko'p oylik neyroeabilitatsiya imkoniyatini ham hisobga olishi kerak. Prognostik modellardan foydalanish qaror qabul qilishni strukturallashtirishi mumkin. CRASH va IMPACT kabi modellar yosh, qorachiq reaksiyasi, Glasgow koma shkalasi, kompyuter tomografik topilmalar va tizimli fiziologik ko'rsatkichlarga asoslangan [31, 32]. Biroq ular individual bemorda dekompressiv kraniektomiyadan foyda miqdorini to'g'ridan-to'g'ri hisoblamaydi. Shu sababli prognostik model klinik qarorni almashtiruvchi emas, balki noaniqlikni oilaga tushuntirishga yordam beruvchi vosita sifatida ishlatilishi kerak.

BEST tadqiqoti ham bu individualizatsiya zarurligini ko'rsatadi [6]. Tadqiqot invaziv intrakranial bosim monitoringining o'zi klinik va tasvirga asoslangan qat'iy protokoldan ustun bo'lmaganini ko'rsatdi. Biroq zamonaviy talqin monitoringni bekor qilish emas, balki fiziologik ma'lumotni yaxshiroq davolash algoritmlariga integratsiyalashga qaratilgan. SIBICC va keyingi konsensuslar aynan shunday yondashuvni rivojlantiradi [5, 33]. 2021-yildagi Italiya neyroxirurgiya va neyroeanimatsiya ekspert bayonoti intrakranial bosim monitoringi va dekompressiv kraniektomiyani bir xil klinik zanjirning ketma-ket elementlari sifatida ko'rib chiqadi [33]. Operatsiyaga qadar bemorning gipoksiya, arterial gipotenziya, giperkapniya, isitma, tutqanoq va boshqa ikkilamchi zarar omillari korreksiya qilinishi kerak. Agar yuqori intrakranial bosim shu fonda ham saqlansa, dekompressiya uchun fiziologik asos kuchayadi. Katta kalla defekting uzoq vaqt saqlanishi ham befarq jarayon emas. Trepanatsiya sindromidan tashqari, miya perfuziyasi, venoz chiqish va likvor aylanishining uzoq muddatli o'zgarishlari funksional tiklanishga ta'sir qilishi mumkin [22, 24, 25]. Shuning uchun "dekompressiv kraniektomiya" va "kranioplastika"ni ikkita mutlaqo alohida operatsiya sifatida emas, yagona neyroxirurgik davolash siklining ikki bosqichi sifatida ko'rish mantiqan to'g'riroq. TBI-DC Select konseptual matritsasining yangiligi qat'iy yangi ball tizimi yaratishda emas. Uning maqsadi dekompressiya qarorini uchta qatlamda ko'rishdir: birinchisi qaytarilishi mumkin bo'lgan intrakranial gipertenziya; ikkinchisi qaytarilmaydigan birlamchi miya zararlanishi miqdori; uchinchi bemorning uzoq muddatli funksional tiklanish potentsiali. Agar birinchi qatlam yuqori, ikkinchi qatlam cheklangan va uchinchi qatlam yaxshi bo'lsa, operatsiyadan kutiladigan klinik foyda mantiqan yuqoriroq bo'lishi mumkin. Aksincha, keng destruktiv ikki yarimshar shikastlanishi va uzoq davom etgan ikki tomonlama qorachiq fiksatsiyasida intrakranial bosimni texnik pasaytirish funksional tiklanishni ta'minlamasligi mumkin.

Klinik qaror vaqtga ham bog'liq. Juda kech qaror qabul qilinsa, qaytarilishi mumkin bo'lgan dislokatsiya qaytarilmaydigan miya ustuni ishemiyasiga o'tishi mumkin. Aksincha, juda erta dekompressiya tibbiy usullar bilan nazorat qilinishi mumkin bo'lgan bemorni operatsion xavfga duchor qiladi. DECRA va RESCUEicp o'rtasidagi eng muhim konseptual farq aynan shu terapevtik "vaqt oynasi"dir [7–10]. Kelajakdagi tadqiqotlarda dekompressiv kraniektomiyani faqat intrakranial bosim chegarasi bo'yicha emas, balki bosim-vaqt yuklamasi, miya autoregulyatsiyasi, qorachiq dinamometriyasi, miya oksigenatsiyasi va kompyuter tomografik fenotip asosida baholash zarur [13, 14, 34]. Multimodal monitoring bemorning dekompressiyadan haqiqatan foyda ko'rishi mumkin bo'lgan vaqtni aniqlashga yordam berishi mumkin. Posttravmatik gidrosefaliya va

kranioplastika bo'yicha yangi Yevropa ekspert tavsiyalari ham operatsiyadan keyingi bosqichni individualizatsiyalash zarurligini qo'llab-quvvatlaydi [25]. 2026-yilgi kranioplastika vaqtiga oid meta-tahlillar esa "erta har doim xavfli" yoki "kech har doim xavfsiz" kabi eski dichotomiyani qo'llab-quvvatlamaydi [26, 27, 35]. Implant turi, infeksiya holati, bemorning reabilitatsion ehtiyoji va gidrosefaliya bu qarorda vaqtning o'zidan kam bo'lmagan ahamiyatga ega. Shu nuqtai nazardan dekompressiv kraniektomiya bitta operatsion akt emas, balki og'ir bosh miya shikastlanishini boshqarishning to'liq davomiy strategiyasining bir qismidir. Ushbu strategiya neyroreanimatsiya, jarrohlik, ketma-ket tasviriy nazorat, gidrosefaliya diagnostikasi, kranioplastika va erta neyroreabilitatsiyani yagona klinik yo'lga birlashtirishi kerak.

Xulosa. Og'ir bosh miya shikastlanishida dekompressiv kraniektomiya intrakranial bosimni samarali kamaytiruvchi va tanlangan bemorlarda hayotni saqlab qoluvchi neyroxirurgik usuldir. Shu bilan birga, bosimni muvaffaqiyatli pasaytirish yaxshi nevrologik natijaning kafolati emas. Erta, nisbatan kam davom etgan refrakter intrakranial gipertenziyada rutinali dekompressiya va maksimal tibbiy davoga qaramay uzoq davom etuvchi og'ir intrakranial gipertenziyada oxirgi bosqich dekompressiyasi bir xil klinik vaziyat emas. Shuning uchun DECRA va RESCUEicp natijalari vaqt, bosim og'irligi va bemor tanlash mezonlari bilan birgalikda interpretatsiya qilinishi lozim. Operatsion texnika katta frontotemporo-parietal suyak dekompressiyasi, bazal temporal ochilish va kengaytiruvchi duraplastikani ta'minlashi kerak. Operatsiyadan keyingi davrda yangi gematoma, kontuziya progressiyasi, subdural gigroma, posttravmatik gidrosefaliya, infeksiya va trepanatsiya sindromini faol izlash zarur. Kranioplastika dekompressiv kraniektomiyaning yakunlovchi rekonstruktiv bosqichi bo'libgina qolmay, ayrim bemorlarda serebral fiziologiya va funksional tiklanishni yaxshilovchi terapevtik muolaja hisoblanadi. Uning optimal vaqti qat'iy kalendar chegaraga emas, bemorning klinik va neyrofiziologik holatiga qarab individual belgilanadi. Taklif etilgan TBI-DC Select matritsasi qaytarilishi mumkin bo'lgan intrakranial gipertenziya, birlamchi struktur miya zararlanishi va reabilitatsion potensialni yagona qaror modeliga integratsiyalashni taklif etadi. Ushbu yondashuvning prognostik ahamiyati kelajakdagi prospektiv ko'p markazli tadqiqotlarda tekshirilishi kerak.

Adabiyotlar ro'yhati

1. Dewan MC, Rattani A, Gupta S, Baticulon RE, Hung YC, Punchak M, et al. Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *J Neurosurg.* 2018;130(4):1080–1097.
2. Maas AIR, Menon DK, Adelson PD, Andelic N, Bell MJ, Belli A, et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *Lancet Neurol.* 2017;16(12):987–1048.
3. Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GWJ, Bell MJ, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery.* 2017;80(1):6–15. doi:10.1227/NEU.0000000000001432.
4. Hawryluk GWJ, Rubiano AM, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Bratton SL, et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury: 2020 Update of the Decompressive Craniectomy Recommendations. *Neurosurgery.* 2020;87(3):427–434. doi:10.1093/neuros/nyaa278.
5. Hawryluk GWJ, Aguilera S, Buki A, Bulger E, Citerio G, Cooper DJ, et al. A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference. *Intensive Care Med.* 2019;45(12):1783–1794. doi:10.1007/s00134-019-05805-9.
6. Chesnut RM, Temkin N, Carney N, Dikmen S, Rondina C, Videtta W, et al. A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N Engl J Med.* 2012;367(26):2471–2481. doi:10.1056/NEJMoa1207363.

7. Cooper DJ, Rosenfeld JV, Murray L, Arabi YM, Davies AR, D'Urso P, et al. Decompressive craniectomy in diffuse traumatic brain injury. *N Engl J Med*. 2011;364(16):1493–1502. doi:10.1056/NEJMoa1102077.
8. Cooper DJ, Nichol AD, Bailey M, Bernard S, Cameron PA, Pili-Floury S, et al. Patient Outcomes at Twelve Months after Early Decompressive Craniectomy for Diffuse Traumatic Brain Injury in the Randomized DECRA Clinical Trial. *J Neurotrauma*. 2020;37(5):810–816. doi:10.1089/neu.2019.6869.
9. Hutchinson PJ, Kolias AG, Timofeev IS, Corteen EA, Czosnyka M, Timothy J, et al. Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension. *N Engl J Med*. 2016;375(12):1119–1130. doi:10.1056/NEJMoa1605215.
10. Kolias AG, Adams H, Timofeev IS, Corteen EA, Hossain I, Czosnyka M, et al. Evaluation of Outcomes Among Patients With Traumatic Intracranial Hypertension Treated With Decompressive Craniectomy vs Standard Medical Care at 24 Months. *JAMA Neurol*. 2022;79(7):664–671. doi:10.1001/jamaneurol.2022.1070.
11. Hutchinson PJ, Kolias AG, Tajsic T, Adeleye A, Aklilu AT, Apriawan T, et al. Consensus statement from the International Consensus Meeting on the Role of Decompressive Craniectomy in the Management of Traumatic Brain Injury. *Acta Neurochir (Wien)*. 2019;161(7):1261–1274. doi:10.1007/s00701-019-03936-y.
12. Jiang JY, Xu W, Li WP, Xu WH, Zhang J, Bao YH, et al. Efficacy of standard trauma craniectomy for refractory intracranial hypertension with severe traumatic brain injury: a multicenter, prospective, randomized controlled study. *J Neurotrauma*. 2005;22(6):623–628. doi:10.1089/neu.2005.22.623.
13. Rochat T, Bögli SY, Beqiri E, Quintard H, Czosnyka M, Hutchinson P, Smielewski P. Effect of Decompressive Craniectomy on Intracranial Pressure Waveforms and Vascular Reactivity: A Systematic Scoping Review. *Neurotrauma Rep*. 2024;5(1):903–909. doi:10.1089/neur.2024.0046.
14. Palavani LB, Alves Neto LB, Batista S, Ferreira MY, de Carvalho DE, Piscoya GV, et al. Invasive and Noninvasive Techniques for Intracranial Pressure Monitoring After Decompressive Craniectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2024;190:76–87. doi:10.1016/j.wneu.2024.06.118.
15. Aarabi B, Hesdorffer DC, Ahn ES, Aresco C, Scalea TM, Eisenberg HM. Outcome following decompressive craniectomy for malignant swelling due to severe head injury. *J Neurosurg*. 2006;104(4):469–479. doi:10.3171/jns.2006.104.4.469.
16. Huang X, Wen L. Technical considerations in decompressive craniectomy in the treatment of traumatic brain injury. *Int J Med Sci*. 2010;7(6):385–390. doi:10.7150/ijms.7.385.
17. Kurland DB, Khaladj-Ghom A, Stokum JA, Carusillo B, Karimy JK, Gerzanich V, et al. Complications Associated with Decompressive Craniectomy: A Systematic Review. *Neurocrit Care*. 2015;23(2):292–304.
18. Honeybul S, Ho KM. Complications of decompressive craniectomy for head injury. *J Clin Neurosci*. 2010;17(4):430–435.
19. Lu VM, Carlstrom LP, Perry A, Graffeo CS, Domingo RA, Young CC, Meyer FB. Prognostic significance of subdural hygroma for post-traumatic hydrocephalus after decompressive craniectomy in the traumatic brain injury setting: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. 2021;44(1):129–138. doi:10.1007/s10143-019-01223-z.
20. Signorelli F, et al. Factors involved in the development of subdural hygroma after decompressive craniectomy for traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Neurosci*. 2020;78:273–276. doi:10.1016/j.jocn.2020.05.033.
21. Bagherzadeh S, et al. Post-craniectomy hydrocephalus in adult traumatic brain injury patients: a systematic review and meta-analysis of risk factors and outcome. *Neurosurg Rev*. 2025.

22. Ashayeri K, Jackson EM, Huang J, Brem H, Gordon CR. Syndrome of the Trephined: A Systematic Review. *Neurosurgery*. 2016;79(4):525–534. doi:10.1227/NEU.0000000000001366.
23. Shepetovsky D, et al. Complications of cranioplasty in relationship to traumatic brain injury: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev*. 2021;44:3125–3142.
24. Iaccarino C, Kolas A, Adelson PD, Rubiano AM, Viaroli E, Buki A, et al. Consensus statement from the international consensus meeting on post-traumatic cranioplasty. *Acta Neurochir (Wien)*. 2021;163(2):423–440. doi:10.1007/s00701-020-04663-5.
25. Iaccarino C, Chibbaro S, Sauvigny T, Timofeev I, Zaed I, Franchetti S, et al. Consensus-based recommendations for diagnosis and surgical management of cranioplasty and post-traumatic hydrocephalus from a European panel. *Brain Spine*. 2024;4:102761. doi:10.1016/j.bas.2024.102761.
26. Thamilmaran A, Patel S, Nischal SA, Panchal H, Kale K, Patel PD, et al. Optimal timing of cranioplasty post-decompressive craniectomy in traumatic brain injury: a systematic review, meta-analysis, and overview of ongoing trials. *Acta Neurochir (Wien)*. 2026;168(1):7. doi:10.1007/s00701-025-06759-2.
27. Musmar B, Patel P, Abdalrazeq H, Lan M, Baldassari M, Momin A, et al. Optimal Timing of Cranioplasty After Craniectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Neurosurgery*. 2026. doi:10.1227/neu.0000000000003977.
28. Morgalla MH, Will BE, Roser F, Tatagiba M. Do long-term results justify decompressive craniectomy after severe traumatic brain injury? *J Neurosurg*. 2008;109(4):685–690.
29. Ho KM, Honeybul S, Lind CRP, Gillett GR, Litton E. Cost-effectiveness of decompressive craniectomy as a lifesaving rescue procedure for patients with severe traumatic brain injury. *J Trauma*. 2011.
30. Chibbaro S, Tacconi L. Role of decompressive craniectomy in the management of severe head injury with refractory cerebral edema and intractable intracranial pressure. *J Neurosurg Sci*. 2007.
31. MRC CRASH Trial Collaborators. Predicting outcome after traumatic brain injury: practical prognostic models based on large cohort data. *BMJ*. 2008;336:425–429.
32. Steyerberg EW, Mushkudiani N, Perel P, Butcher I, Lu J, McHugh GS, et al. Predicting outcome after traumatic brain injury: development and international validation of prognostic scores based on admission characteristics. *PLoS Med*. 2008;5(8).
33. Iaccarino C, Lippa L, Munari M, Castioni CA, Robba C, Caricato A, et al. Management of intracranial hypertension following traumatic brain injury: a best clinical practice adoption proposal for intracranial pressure monitoring and decompressive craniectomy. *J Neurosurg Sci*. 2021;65(3):219–238. doi:10.23736/S0390-5616.21.05383-2.
34. Schur S, Martel P, Marcoux J. Optimal Bone Flap Size for Decompressive Craniectomy for Refractory Increased Intracranial Pressure in Traumatic Brain Injury: Taking the Patient's Head Size into Account. *World Neurosurg*. 2020;137:e436. doi:10.1016/j.wneu.2020.01.232.
35. Chasles OG, Kokot K, Fercho J, Siemiński M, Szmuda T. Comparison of Complications in Early and Late Cranioplasty Following Decompressive Craniectomy Due to Traumatic Brain Injury: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2025;14:4176.
36. The CENTER-TBI investigators. The effectiveness of decompressive craniectomy size in traumatic brain injury: an international, observational, comparative effectiveness study. *Brain Spine*. 2026.