



KIMMERLE ANOMALIYASINING INSTRUMENTAL DIAGNOSTIKASI: RENTGENOGRAFIYA, MULTISPIRAL KOMPYUTER TOMOGRAFIYA VA MSKT- ANGIOGRAFIYANING DIAGNOSTIK IMKONIYATLARI

Ummatqulova Shaxzoda To'lqin qizi
Aliyev Mansur Abduxoliqovich

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

Annotatsiya

Dolzarblik. Kimmerle anomaliyasi atlasning orqa yoyida umurtqa arteriyasi egati ustida qisman yoki to'liq suyak ko'prigi shakllanishi bilan tavsiflanadigan kraniovertebral soha anatomik varianti hisoblanadi. Aksariyat hollarda ushbu tuzilma tasodifiy aniqlansa-da, uning umurtqa arteriyasining V3 segmenti, C1 nervi va kraniovertebral birikma jarrohlik anatomiyasi bilan yaqin munosabati klinik ahamiyatga ega. Anomaliyani noto'g'ri yoki yetarli baholamaslik C1–C2 instrumental fiksatsiyasi vaqtida umurtqa arteriyasi shikastlanishi xavfini oshirishi mumkin.

Material va usullar. Kimmerle anomaliyasining rentgenologik, multispiral kompyuter tomografik va MSKT-angiografik diagnostikasiga bag'ishlangan zamonaviy hamda klassik ilmiy manbalar strukturaviy narrativ usulda tahlil qilindi. Rentgenografiya, yupqa kesimli MSKT, multiplanar rekonstruksiya, uch o'lchamli tasvirlash va kontrastli MSKT-angiografiyaning diagnostik imkoniyatlari solishtirildi.

Natijalar. Rentgenografiya Kimmerle anomaliyasini dastlabki skrining sifatida aniqlash imkonini beradi, biroq ikki o'lchamli tasvir suyak ko'prigining tomonlama joylashuvi va umurtqa arteriyasi bilan munosabatini to'liq baholamaydi. MSKT anomaliyaning morfologik turi, to'liqligi, lateralizatsiyasi va anatomik o'lchamlarini yuqori aniqlikda ko'rsatadi. MSKT-angiografiya esa suyak kanali va V3 segmentni bir vaqtda tasvirlab, arteriya diametri, kinking, stenoz, dominantlik va boshqa vaskulyar variantlarni aniqlash imkonini beradi.

Xulosa. Kimmerle anomaliyasining optimal instrumental diagnostikasi bosqichma-bosqich yondashuvga asoslanishi kerak. Rentgenografiya skrining, MSKT morfologik verifikatsiya, MSKT-angiografiya esa klinik va jarrohlik jihatdan ahamiyatli suyak-tomir munosabatlarini aniqlash uchun asosiy usul hisoblanadi.

Kalit so'zlar: Kimmerle anomaliyasi, ponticulus posticus, atlas, C1, rentgenografiya, MSKT, MSKT-angiografiya, umurtqa arteriyasi, V3 segment, kraniovertebral birikma.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА АНОМАЛИИ КИММЕРЛЕ: ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕНТГЕНОГРАФИИ, МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ И МСКТ- АНГИОГРАФИИ

Умматкулова Шахзода Тулкин кизи
Алиев Мансур Абдухоликович

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

Аннотация

Актуальность. Аномалия Киммерле представляет собой анатомический вариант краниовертебрального перехода, характеризующийся формированием частичного или полного костного мостика над бороздой позвоночной артерии на задней дуге атланта.

Несмотря на то что в большинстве случаев эта находка является случайной, ее тесная анатомическая связь с V3-сегментом позвоночной артерии, первым шейным нервом и хирургической анатомией C1–C2 обуславливает значительную клиническую важность.

Материалы и методы. Проведен структурированный нарративный анализ классических и современных исследований, посвященных рентгенологической, мультиспиральной компьютерно-томографической и МСКТ-ангиографической диагностике аномалии Киммерле. Сопоставлены возможности рентгенографии, тонкосрезовой МСКТ, мультипланарных и трехмерных реконструкций и контрастной МСКТ-ангиографии.

Результаты. Рентгенография позволяет выявлять костный мостик и может использоваться как скрининговый метод, однако двухмерность изображения ограничивает определение стороны поражения, полноты костного канала и взаимоотношения с позвоночной артерией. МСКТ обеспечивает точную морфологическую характеристику аномалии, включая полный и неполный варианты, одностороннее или двустороннее расположение и размеры костного канала. МСКТ-ангиография позволяет одновременно оценить костные структуры и V3-сегмент позвоночной артерии, включая его диаметр, ход, перегибы, стенозирование, доминантность и сопутствующие сосудистые варианты.

Заключение. Оптимальная инструментальная диагностика аномалии Киммерле должна строиться по принципу последовательного расширения диагностической информации: от рентгенографического скрининга к морфологической верификации на МСКТ и комплексной оценке костно-сосудистых взаимоотношений с помощью МСКТ-ангиографии.

Ключевые слова: аномалия Киммерле, ponticulus posticus, атлант, позвоночная артерия, V3-сегмент, рентгенография, МСКТ, МСКТ-ангиография, краниовертебральный переход.

INSTRUMENTAL DIAGNOSIS OF KIMMERLE ANOMALY: DIAGNOSTIC CAPABILITIES OF RADIOGRAPHY, MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY, AND CT ANGIOGRAPHY

Ummatkulova Shakhzoda

Aliev Mansur Abdukholikovich

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

Abstract

Background. Kimmerle anomaly is an anatomical variant of the craniovertebral junction characterized by partial or complete formation of an osseous bridge over the vertebral artery groove of the posterior atlas arch. Although frequently detected incidentally, its close relationship with the V3 segment of the vertebral artery, the C1 nerve, and C1–C2 surgical anatomy makes accurate imaging characterization clinically important.

Materials and Methods. A structured narrative analysis of classical and contemporary studies addressing radiographic, multislice computed tomographic, and CT angiographic assessment of Kimmerle anomaly was performed. The diagnostic capabilities of plain radiography, thin-section MSCT, multiplanar and three-dimensional reconstructions, and contrast-enhanced CT angiography were comparatively evaluated.

Results. Radiography can demonstrate an osseous bridge and is suitable as an initial screening method; however, two-dimensional projection limits accurate evaluation of laterality, completeness, and the relationship between the osseous canal and vertebral artery. MSCT provides high-resolution morphological characterization of complete and incomplete, unilateral and bilateral variants and allows quantitative assessment of the arcuate canal. CT angiography simultaneously demonstrates the osseous anomaly and the V3 vertebral artery segment, enabling assessment of vascular caliber, stenosis, kinking, dominance, and associated vascular variations.

Conclusion. Optimal instrumental diagnosis of Kimmerle anomaly should follow a stepwise imaging strategy. Radiography is useful for screening, MSCT is the principal method for morphological verification, and CT angiography provides the most comprehensive assessment when clinically or surgically significant osseous–vascular relationships are suspected.

Keywords: Kimmerle anomaly, ponticulus posticus, atlas, vertebral artery, V3 segment, radiography, multislice computed tomography, CT angiography, craniovertebral junction.

Kirish. Kimmerle anomaliyasi birinchi bo‘yin umurtqasi - atlasning yuqori yuzasida, odatda umurtqa arteriyasining V3 segmenti o‘tadigan *sulcus arteriae vertebralis* ustida qisman yoki to‘liq suyak ko‘prigi hosil bo‘lishi bilan tavsiflanadigan anatomik variantdir. Tibbiy adabiyotlarda ushbu tuzilma uchun *ponticulus posticus*, *foramen arcuale*, *arcuate foramen*, *retroarticular canal*, *posterior atlantoid foramen* va boshqa atamalar qo‘llanadi [1–5]. Klassik rentgenologik ishlar Pyo va Lowman tomonidan XX asrning o‘rtalaridayoq ushbu variantning radiografik xususiyatlarini batafsil tavsiflagan bo‘lsa, keyingi kompyuter tomografik tadqiqotlar Kimmerle anomaliyasining anatomiyasi ilgari taxmin qilingandan ko‘ra murakkab va variabel ekanligini ko‘rsatdi [6, 12, 31, 32]. Atlasning normal posterior yoyida umurtqa arteriyasi uchun egat mavjud bo‘lib, arteriyaning V3 segmenti foramen transversarium C1 dan chiqqach lateral massani aylanib, ushbu egat bo‘ylab medial yo‘nalishda foramen magnumga qarab o‘tadi. Kimmerle anomaliyasida superior articular process sohasi bilan posterior yoy orasida suyak ko‘prigi shakllanib, ochiq egat qisman yoki to‘liq suyak kanaliga aylanadi. To‘liq ko‘priki *complete ponticulus posticus*, yetarlicha yopilmagan suyak o‘simtasi esa *incomplete ponticulus posticus* sifatida tavsiflanadi [1, 3, 5, 18]. Bundan tashqari, anomaliya bir tomonlama, ikki tomonlama hamda kamroq uchraydigan lateral ponticulus bilan kombinatsiyalangan shakllarda uchrashi mumkin [3, 17, 28].

Kimmerle anomaliyasining haqiqiy populyatsion tarqalishi ishlatilgan diagnostik metodga, etnik tarkibga, yosh guruhiga va morfologik mezonlarga bog‘liq ravishda sezilarli farq qiladi. Elliott va Tanweer tomonidan 21 789 subyektni qamrab olgan meta-tahlilda ponticulus posticusning umumiy tarqalishi 16,7% bo‘lib, KT tadqiqotlarida 17,2% va rentgenografik tadqiqotlarda 16,6% ni tashkil etgan [1]. Pəkala va hammualliflarning 55 985 subyektni qamrab olgan keng meta-tahlilida to‘liq foramen arcuale 9,1%, to‘liq bo‘lmagan variant esa 13,6% holatlarda aniqlangan [2]. 2025-yilda faqat KT ma‘lumotlariga asoslangan yangi meta-tahlilda ponticulus posticusning umumiy tarqalishi taxminan 21% bo‘lgan va to‘liq bo‘lmagan shakl to‘liq shaklga nisbatan ko‘proq qayd etilgan [3]. 2026-yildagi yana bir sistematik tahlil esa anatomik va klinik heterogenlik yuqoriligini tasdiqlab, kraniovertebral soha operatsiyalaridan oldin anomaliyani maxsus baholash zarurligini ta‘kidlagan [4]. Bunday statistik tafovutning muhim sababi diagnostik texnologiyalar o‘rtasidagi farqdir. Oddiy lateral rentgenogramma kichik yoki to‘liq bo‘lmagan suyak ko‘prigini ko‘rmasligi mumkin; shuningdek, tasvir proyeksion bo‘lganligi sababli o‘ng va chap tomon strukturalari bir-biriga proyeksiyalanadi. Uch o‘lchamli KT yoki cone-beam KT esa anomaliyani axial, sagittal va koronal tekisliklarda baholash va alohida tomonlarni mustaqil ko‘rish imkonini beradi [5, 15–19]. Xu va hammualliflar radiografik tadqiqotlarda ponticulus posticusning bir qismi o‘tkazib yuborilishini va KT morfologik verifikatsiya uchun ishonchliroq ekanligini qayd etgan [5].

Kimmerle anomaliyasining klinik ahamiyati ikki asosiy yo‘nalishda namoyon bo‘ladi. Birinchisi - vertebrobazilyar qon aylanishi va C1 nervi bilan potensial munosabat. Ponticulus posticus mavjud bo‘lgan ayrim bemorlarda bosh aylanishi, oksipital yoki servikogen bosh og‘riqlari, tinnitus, vizual simptomlar, muvozanat buzilishi va boshni aylantirish bilan provokatsiyalanadigan vertebrobazilyar simptomlar tasvirlangan [20, 24–28]. Pəkala va hammualliflarning meta-tahlilida foramen arcuale mavjud bemorlarda bosh og‘rig‘i tez-tez qayd etilgan, ammo bunday epidemiologik bog‘liqlik har bir rentgenologik Kimmerle anomaliyasini simptomlarning bevosita sababi deb hisoblash uchun yetarli emas [25]. Klinik-radiologik korrelyatsiya, ayniqsa vaskulyar kompressiyani isbotlashda, alohida ahamiyat kasb etadi. Ikkinchi va amaliy jihatdan juda muhim yo‘nalish - kraniovertebral birikma jarrohligidir. C1 lateral mass yoki posterior arch orqali vint o‘rnatishda ponticulus posticus normal atlas posterior yoyining qalin qismi sifatida noto‘g‘ri qabul qilinishi mumkin. Natijada vintning yuqoriga yo‘nalishi umurtqa arteriyasi kanaliga tushishi va V3 segmentning jarohatlanish xavfini oshirishi mumkin [1, 10–14]. Young va hammualliflar anomaliya

mavjudligini C1 instrumental fiksatsiyasi rejalashtirilayotgan bemorda oldindan tanib olish zarurligini ko'rsatgan [12]. Arslan va hammualliflar 3D KT-angiografiya orqali ponticulus posticus va umurtqa arteriyasining jarrohlik anatomiyasini o'rganib, suyak ko'prigi mavjudligida standart anatomik orientirlarning o'zgarishi mumkinligini qayd etgan [10]. 2026-yildagi CTA asosidagi virtual vint simulyatsiyasi ham ponticulus posticus tomonida umurtqa arteriyasi bilan geometrik to'qnashuv ehtimoli vint diametri kattalashishi bilan oshishini ko'rsatdi [11].

Kraniovertebral sohadagi vaskulyar anatomiya Kimmerle anomaliyasining o'zidan ham murakkabroq bo'lishi mumkin. Umurtqa arteriyasining persistent first intersegmental artery varianti, fenestratsiyasi, anomal PICA kelib chiqishi, yuqori joylashgan vertebral artery, bir tomonlama gipoplaziya va boshqa variantlar C1–C2 jarrohliligining xavfsizligiga bevosita ta'sir qiladi [6–9]. Hong va hammualliflarning 1013 bemorni qamrab olgan 3D CTA tahlilida posterior ponticulus 15,6% holatda aniqlangan, shu bilan birga V3 segmentning turli anatomik variantlari ham qayd etilgan [6]. Wakao va hammualliflar normal servikal umurtqa tuzilishiga ega subyektlarda ham vertebral artery va C1–C2 suyak anatomiyasi variantlari mavjudligini ko'rsatgan [7]. Shu sababli Kimmerle anomaliyasining to'liq instrumental diagnostikasi faqat "suyak ko'prigi bor yoki yo'q" degan savolga javob bermasdan, bony-vascular relationshipni aniqlashi kerak [6–11]. Rentgenografiya o'zining arzonligi, keng tarqalganligi va nurlanish dozasi KTga nisbatan pastligi sababli dastlabki skrining bosqichida ahamiyatini saqlab qoladi. Pyo va Lowmanning klassik ishidan tortib Giri, Tambawala va boshqa mualliflarning zamonaviy lateral tsefalometrik tadqiqotlarigacha ponticulus posticus lateral proyeksiyada aniqlanishi mumkinligi ko'rsatilgan [20, 31–35]. Ammo aniqlanish chastotasining turli populyatsiyalarda 4–40% dan ortiq chegaralarda qayd etilishi metodologik cheklovlar va populyatsion farqlarni aks ettiradi [15–23, 31–35]. Shu nuqtai nazardan, mazkur maqolaning maqsadi Kimmerle anomaliyasini aniqlashda rentgenografiya, multispiral kompyuter tomografiya va MSKT-angiografiyaning diagnostik imkoniyatlarini tizimli ravishda taqqoslash, har bir usulning kuchli va zaif tomonlarini aniqlash va klinik amaliyot uchun bosqichma-bosqich instrumental diagnostika algoritmini taklif etishdan iborat.

Material va usullar. Mazkur ish strukturaviy narrativ sharh sifatida bajarildi. Kimmerle anomaliyasi, ponticulus posticus, foramen arcuale, atlas, vertebral artery, V3 segment, radiography, computed tomography, multislice CT, CT angiography, 3D CTA va kraniovertebral junction kabi atamalar asosida klassik va zamonaviy ilmiy tadqiqotlar tahlil qilindi. Diagnostik metodologiya bo'yicha radiografik tadqiqotlar, KT va cone-beam KT asosidagi morfometrik ishlar, 3D MSKT-angiografik anatomik tadqiqotlar, meta-tahlillar va kraniovertebral jarrohlik bilan bog'liq klinik-radiologik seriyalar ustuvor hisoblandi. Adabiyotlarni tahlil qilishda diagnostik usulning anomaliyani aniqlash qobiliyati, complete va incomplete shakllarni farqlash imkoniyati, bir yoki ikki tomonlama joylashishni ko'rsatishi, suyak kanalining morfometriyasini aniqlashi, umurtqa arteriyasi V3 segmentini vizualizatsiya qilishi va C1–C2 jarrohliligida xavfli vaskulyar anatomiyani ko'rsatishi alohida mezon sifatida baholandi. G'arbiy adabiyotlarda "multidetector CT" va "CT angiography" terminlari ko'proq ishlatilganligi sababli, ushbu maqolada ular mahalliy klinik amaliyotdagi "multispiral kompyuter tomografiya - MSKT" va "MSKT-angiografiya - MSKT-A" atamalari bilan moslashtirib qo'llanildi. Maqolada keltirilgan diagnostik jadvallar mavjud ilmiy ma'lumotlarning mualliflik sintezi hisoblanadi va individual bemorlar bo'yicha yangi klinik ma'lumot sifatida talqin qilinmaydi.

Natijalar.

Rentgenografiyaning diagnostik imkoniyatlari. Kimmerle anomaliyasini oddiy rentgenografiyada aniqlash uchun servikal umurtqaning sifatli lateral proyeksiyasi eng informativ hisoblanadi. To'liq ponticulus posticus superior articular processning posterior qismi bilan atlas posterior yoyi orasida yopiq suyak halqa sifatida, to'liq bo'lmagan variant esa bir-biriga qarab yo'nalgan suyak o'simtasi yoki qisqa arkada ko'rinadi. Rentgenografiyaning asosiy ustunligi uning skrining xarakteridir. Bemor servikalgiya, bosh og'rig'i yoki kraniovertebral soha kasalligi sababli rentgen tekshiruvdan o'tayotganda atlasning posterior qismi qo'shimcha xarajatsiz baholanishi mumkin. Biroq lateral rentgenogramma anomaliyaning o'ng yoki chap tomonlama ekanligini har doim aniqlay olmaydi. Shuningdek, mastoid o'simta, oksipital suyak va qarama-qarshi atlas konturlarining ustma-ust proyeksiyasi incomplete ponticulusni yashirishi mumkin.

Rentgenografiyada suyak ko'prigi ko'rinsa ham, uning ichidan o'tuvchi vertebral arteriyaning diametri, lumen holati yoki kinkingni baholab bo'lmaydi. Shuning uchun rentgenografik tashxisni yakuniy morfologik xulosa emas, balki keyingi tekshiruvga ko'rsatma beruvchi skrining natijasi sifatida ko'rish maqsadga muvofiq.

MSKT diagnostikasi. Multispiral KT Kimmerle anomaliyasining suyak morfologiyasini baholashda asosiy instrumental usuldir. Yupqa kesimlar, odatda submillimetrik yoki 1 mm ga yaqin kollimatsiya, suyak algoritmda rekonstruksiya va multiplanar tasvirlash atlasning murakkab anatomiyasini proyeksion ustma-ustliksiz ko'rsatadi. Axial tasvirda vertebral artery groove va uning ustidagi suyak ko'priki aniqlanadi. Sagittal rekonstruksiya ponticulusning superior articular mass va posterior arch bilan bog'lanishini, koronal rekonstruksiya esa lateralizatsiya va ikki tomonlama anatomiyani baholashga imkon beradi. Uch o'lchamli volume-rendering rekonstruksiya jarrohlik rejalashtirishda ayniqsa qulay. 3D tasvirda posterior ponticulus, lateral ponticulus, transverse foramen va atlasning lateral massasi bitta fazoviy modelda ko'rsatiladi.

MSKT yordamida Kimmerle anomaliyasini quyidagi morfologik parametrlar bo'yicha tavsiflash maqsadga muvofiq: complete yoki incomplete, unilateral yoki bilateral, posterior yoki kombinatsiyalangan posterior-lateral shakl, suyak ko'prigining qalinligi, foramenning kraniokaudal balandligi va anteroposterior kengligi. Olszewski va hammualliflar complete ponticulus posticusning CBCT asosidagi morfometrik tasnifini taklif qilib, suyak kanalining balandligi, kengligi va maydonini qayta o'lchash mumkinligini ko'rsatgan. Bu yondashuv oddiy "bor/yo'q" tasnifidan morfometrik fenotiplashga o'tish imkonini beradi.

MSKT-angiografiya diagnostikasi. MSKT-angiografiya Kimmerle anomaliyasining klinik va jarrohlik jihatdan eng muhim komponenti - umurtqa arteriyasi bilan munosabatni aniqlaydi. Kontrast moddani intravenoz yuborish orqali V2 va ayniqsa V3 segment yuqori fazoviy aniqlikda tasvirlanadi. CTA yordamida arteriyaning ponticulus ichidagi segmenti, uning kanalga kirish va chiqish nuqtalari, diametri, o'ng-chap assimetriyasi, dominantlik, gipoplaziya, kinking, elongatsiya yoki lokal torayish kabi belgilar baholanishi mumkin. Shuningdek, CTA persistent first intersegmental artery, vertebral artery fenestration, anomal PICA origin, high-riding VA va boshqa kraniovertebral vaskulyar variantlarni aniqlash imkonini beradi. MSKT-A ning eng katta afzalligi shundaki, bir xil ma'lumotlar to'plamidan suyak oynasi va kontrastlangan vaskulyar rekonstruksiyalar olish mumkin. Shu tariqa "suyak tunnel - arteriya" munosabati fazoviy tarzda namoyish etiladi. Biroq standart MSKT-A statik tekshiruv hisoblanadi. Agar bemorda boshni ma'lum tomonga burishda qisqa muddatli bosh aylanishi, diplopiya, sinkope yoki boshqa vertebro bazilyar simptomlar paydo bo'lsa, oddiy neytral holatdagi CTA dinamik kompressiyani to'liq inkor eta olmaydi. Bunday vaziyatda funksional Doppler, dinamik angiografik tekshiruv yoki zarur hollarda digital subtraction angiography bilan qo'shimcha tekshiruv talab etilishi mumkin.

1-jadval. Kimmerle anomaliyasida asosiy instrumental tekshiruv usullarining diagnostik imkoniyatlari

Diagnostik mezon	Rentgenografiya	MSKT	MSKT-angiografiya
Suyak ko'prigini aniqlash	Yaxshi skrining	Juda yuqori	Juda yuqori
Complete/incomplete shakl	Cheklangan-o'rtacha	Yuqori	Yuqori
Unilateral/bilateral aniqlash	Cheklangan	Yuqori	Yuqori
Ponticulus morfometriyasi	Deyarli yo'q	Yuqori	Yuqori
3D rekonstruksiya	Yo'q	Mavjud	Mavjud
Vertebral arteriyani ko'rsatish	Yo'q	Kontrastsiz cheklangan	Yuqori
V3 segment diametri	Yo'q	Yo'q/cheklangan	Yuqori
Kinking/stenoz	Yo'q	Cheklangan	Yuqori
Arteriya dominantligi	Yo'q	Yo'q	Yuqori
Vaskulyar variantlar	Yo'q	Cheklangan	Yuqori

C1–C2 operatsiyasini rejalashtirish	Yetarli emas	Muhim	Optimal
Radiatsion yuklama	Past	O‘rtacha	O‘rtacha-yuqori
Kontrast moddaga ehtiyoj	Yo‘q	Yo‘q	Bor

Taklif etilayotgan radiologik tavsiflash modeli. Kimmerle anomaliyasi aniqlanganda radiologik xulosa faqat “Kimmerle anomaliyasi mavjud” tarzida yozilishi klinik jihatdan yetarli emas. Anomaliyaning turi, tomoni va vertebral artery bilan munosabati aniq ko‘rsatilishi kerak. Mualliflik konseptual sintezi sifatida quyidagi strukturaviy MSKT/MSKT-A tavsifi taklif etiladi.

2-jadval. Kimmerle anomaliyasining taklif etilayotgan instrumental fenotiplari

Fenotip	MSKT belgisi	Vaskulyar ahamiyati
KA-0	Ponticulus yo‘q	Normal vertebral groove
KA-I	Incomplete unilateral ponticulus	Ko‘pincha morfologik variant
KA-II	Complete unilateral ponticulus	Arteriya suyak kanali ichida
KA-III	Incomplete/complete bilateral	Ikki tomonlama anatomik variant
KA-IV	Ponticulus + VA kinking/asimmetriya	Potensial gemodinamik ahamiyat
KA-V	Ponticulus + lokal VA stenoz	Klinik korrelyatsiya talab etiladi
KA-VI	Ponticulus + boshqa V3 varianti	Yuqori jarrohlik ahamiyati
KA-S	Simptomlar va tasdiqlangan dinamik vaskulyar konflikt	Klinik ahamiyatli fenotip

Mazkur tasnif validatsiyalangan xalqaro klassifikatsiya emas, balki radiologik hisobotni standartlashtirish uchun taklif etilayotgan konseptual modeldir.

Muhokama. Kimmerle anomaliyasini instrumental diagnostika qilishdagi asosiy muammo uning nisbatan keng tarqalgan morfologik variant bo‘lishi bilan klinik jihatdan ahamiyatli vaskulyar konfliktini bir-biridan ajratishdir. Zamonaviy meta-tahlillar ponticulus posticus umumiy populyatsiyada kam uchraydigan topilma emasligini ko‘rsatadi [1–4]. Shu sababli oddiy rentgenogrammada anomaliyaning mavjudligi avtomatik ravishda vertebro bazilyar yetishmovchilik tashxisini anglatmasligi kerak. Elliott va Tanweer [1], Pəkala va hammualliflar [2], Ordoñez-Cure va hammualliflar [3] hamda Valenzuela-Fuenzalida va hammualliflarning [4] meta-tahlillari tarqalish ko‘rsatkichlari o‘rtasida sezilarli farqlar borligini ko‘rsatadi. Bu farqlar birinchi navbatda tasvirlash metodiga, complete va incomplete shakllarning ta‘rifiga, yosh va etnik tarkibga bog‘liq. Ushbu ma’lumotlar Kimmerle anomaliyasi uchun yagona universal “normal prevalence” ko‘rsatkichidan foydalanish ehtiyotkorlikni talab qilishini ko‘rsatadi. Rentgenografik diagnostikaning tarixiy roli juda katta. Selby va hammualliflar [31], Pyo va Lowman [32], Kendrick va Biggs [33], Lamberty va Zivanovic [34] hamda keyingi radiografik populyatsion ishlar [19–21, 35] atlas posterior yoyidagi suyak ko‘prigining oddiy lateral tasvirda aniqlanishi mumkinligini ko‘rsatgan. Ammo zamonaviy uch o‘lchamli tasvirlash radiografik prevalence bilan haqiqiy morfologik prevalence bir xil bo‘lmasligi mumkinligini ko‘rsatmoqda [3, 5, 15–18].

Bayrakdar va hammualliflarning 730 CBCT tekshiruviga asoslangan tadqiqotida ponticulus posticus 17,4% bemorda aniqlangan [15], Sekerci va hammualliflar esa boshqa turk populyatsiyasida 36,8% prevalence qayd etgan [16]. Geist va hammualliflar bolalar va o‘smirlarda CBCT yordamida PP ni 26,2% holatda aniqlagan [17]. Olszewski va hammualliflarning 2012 ta CBCT tekshiruviga asoslangan zamonaviy morfometrik ishida complete ponticulus posticus 9,49% holatda aniqlangan [18]. Bunday farqlar anomaliyani “faqat complete” yoki “complete + partial” sifatida hisoblash prevalenceni keskin o‘zgartirishini ko‘rsatadi. Giri va hammualliflar lateral tsefalogrammalarda PP ni 35,7% bemorda aniqlagan [19]. Tambawala va hammualliflar 500 lateral tsefalogrammada 15,8% prevalence qayd etgan [20]. Shimoliy Italiya populyatsiyasida Gibelli va hammualliflar to‘liq va qisman shakllarni alohida qayd etgan [21]. Chen va hammualliflarning

CBCT tadqiqoti [22], Sabir va hammualliflarning rentgenografiya va CBCTni bevosita taqqoslagan ishi [23] hamda Macri va hammualliflarning zamonaviy CBCT ma'lumotlari [24] diagnostik usul tanlovi natijaga bevosita ta'sir qilishini ko'rsatadi.

Sabir va hammualliflarning tekshiruvining metodologik ahamiyati ayniqsa yuqori, chunki bir xil bemorlarda lateral tsefalografiya va CBCT ma'lumotlari taqqoslangan [23]. Lateral rentgenografiya ko'plab hollarda anomaliyani ko'rsatishi mumkin, ammo uning asosiy cheklovi strukturani ikki o'lchamli tasvirda ko'rsatishidir. Shu sababli preoperatsion anatomik rejalashtirishda rentgenografiya bilan chegaralanish tavsiya etilmaydi [1, 5, 12, 14]. MSKTning ustunligi atlas anatomiyasini izotrop yoki izotropga yaqin voxel asosida ko'rsatishidadir. Multiplanar reconstruction anomaliyaning qaysi komponenti superior articular processdan, qaysi qismi posterior archdan shakllanganini aniqlaydi. 3D volume rendering esa kraniovertebral birikmaning jarrohlik orientirlarini aniqroq tushunishga imkon beradi [5, 10, 14, 18]. Ayniqsa complete ponticulus posterior archning haqiqiy qalinligini ortiqcha baholashga olib kelishi mumkinligi sababli, C1 screw trajectory rejalashtirilayotgan barcha shubhali holatlarda yupqa kesimli KT maqsadga muvofiq [1, 12–14]. MSKT-angiografiya esa morfologik KTni funksional vaskulyar ma'lumotga yaqinlashtiruvchi bosqichdir. Hong va hammualliflarning katta 3D CTA seriyasi [6] C1 posterior arch va vertebral arteriya V3 segmenti anatomik variantlari ko'p ekanini ko'rsatdi. Wakao va hammualliflar [7] hatto normal servikal umurtqa tuzilishiga ega bemorlarda persistent first intersegmental artery, fenestration va high-riding vertebral artery kabi variantlar uchrashini ko'rsatgan. Yang va hammualliflarning kraniovertebral birikma vaskulyar variantlarini batafsil klassifikatsiya qilgan tadqiqoti [8] va Xitoy populyatsiyasida 3D CTA asosidagi tahlillar [9] bu hududda preoperatsion tomir xaritalashning ahamiyatini mustahkamlaydi.

Arslan va hammualliflar [10] ponticulus posticus mavjud bemorlarda vertebral arteriyaning C1 atrofidagi fazoviy yo'nalishi o'zgaruvchan ekanligini ko'rsatgan. Wang va hammualliflarning 2026-yilgi CTA simulyatsiyasi [11] esa Kimmerle anomaliyasi mavjud atlasda screw placement xavfini miqdoriy tahlil qilish mumkinligini namoyish etdi. Bu ma'lumotlar MSKT-A ni faqat diagnostik tekshiruv emas, balki individual jarrohlik xavfini baholovchi preoperativ planning instrumentiga aylantiradi. Young va hammualliflar [12] ponticulus posticusni C1 lateral mass screw o'rnatish paytida vertebral arteriya jarohatining muhim anatomik xavf omili sifatida ta'riflagan. Yeom va hammualliflarning klinik-radiologik ishida [13] posterior arch orqali C1 fixationning turli anatomik sharoitlarda bajarilishi tahlil qilingan. Zhang va hammualliflar [14] 3D KT rekonstruksiya asosida anomaliya mavjud bemorlarda pedicle screw placement mumkinligini, biroq ehtiyotkor individual planning talab etilishini ko'rsatgan. Ushbu uchta tadqiqot Kimmerle anomaliyasini ko'rishning o'zi emas, balki screw trajectory–VA relationshipni aniqlash klinik jihatdan asosiy vazifa ekanligini ko'rsatadi. Kimmerle anomaliyasi va simptomlar o'rtasidagi munosabatni talqin qilish bundan ham ehtiyotkorlikni talab qiladi. Pəkala va hammualliflarning meta-tahlilida [25] foramen arcuale va bosh og'rig'i o'rtasida statistik assotsiatsiya aniqlangan. Koutsouraki va hammualliflar [26] tension-type headache va neurosensor eshitish pasayishi bilan birga kelgan klinik holatni tasvirlagan. Polishchuk va hammualliflar [27] Kimmerle anomaliyasini vertebral arteriyaning ekstravazal kompressiyasi bilan bog'liq variant sifatida muhokama qilgan, Lukianchikov va hammualliflar [28] esa ponticulus posticus va ponticulus lateralis kombinatsiyasida boshni burish bilan simptomatik VA kinkingni CTA yordamida ko'rsatgan. Shu bilan birga, ushbu ma'lumotlar anomaliya aniqlangan har qanday simptomatik bemorda sabab-oqibat munosabatini avtomatik isbotlamaydi.

Gul va Atikning 2024-yilgi tadqiqoti [29] ponticulus posticus va vertebral artery diametri o'rtasidagi ehtimoliy munosabatni bevosita KT va angiografik tasvirlar orqali tekshirganligi bilan muhim. Bunday ishlar kelajakdagi diagnostik paradigma suyak morfologiyasini arterial lumen parametrlari bilan birlashtirishi kerakligini ko'rsatmoqda. Oddiy MSKTda complete bony canal aniqlanishi klinik ahamiyatni to'liq belgilamaydi; aynan arterial kalibr, dominantlik, stenoz yoki kinking mavjudligi klinik vaznni oshiradi. Kwon va hammualliflarning [30] atlas yoyining boshqa tug'ma nuqsonlarini tahlil qilgan ishi differensial diagnostika nuqtai nazaridan ham muhim. Posterior arch cleft, atlas hypoplasia, occipitalization va boshqa kraniovertebral variantlar suyak anatomiyasini murakkablashtirishi mumkin. Shu sababli uch o'lchamli MSKT Kimmerle

anomaliyasini boshqa congenital arch defectsdan ajratish uchun ham foydali hisoblanadi. Tarixiy tadqiqotlar [31–35] va zamonaviy uch o'lchamli ishlar [1–4, 15–18] birgalikda tahlil qilinganda diagnostik texnologiyani rivojlanishi Kimmerle anomaliyasi haqidagi tushunchani sezilarli o'zgartirgani ko'rinadi. XX asr radiografiyasi anomaliyaning mavjudligini ko'rsatgan bo'lsa, zamonaviy MSKT uning uch o'lchamli morfologik fenotipini, MSKT-A esa bony-vascular fenotipini aniqlash imkonini beradi.

Selby va hammualliflar [31] familial va populyatsion xususiyatlarni, Pyo va Lowman [32] klassik rentgenologik anatomiyani, Kendrick va Biggs [33] bolalar va o'smirlardagi uchrash chastotasini, Lamberty va Zivanovic [34] retroarticular vertebral artery ringning anatomik ahamiyatini, Saunders va Popovich [35] esa atlas bridgingning oilaviy xususiyatlarini o'rgangan. Ushbu klassik ishlar zamonaviy KT tadqiqotlari bilan solishtirilganda Kimmerle anomaliyasining yosh bilan bog'liq oddiy degenerativ ossifikatsiya emasligi, balki murakkab rivojlanish va ossifikatsiya mexanizmlariga ega anatomik variant ekanligi haqidagi qarashni qo'llab-quvvatlaydi [17, 33–35]. Shu sababli instrumental diagnostika klinik savolga moslashtirilishi kerak. Agar maqsad tasodifiy suyak variantini skrining qilish bo'lsa, lateral rentgenografiya yetarli boshlang'ich usul bo'lishi mumkin. Agar anomaliyaning morfologik turi yoki C1 instrumentation rejalashtirilayotgan bo'lsa, MSKT talab etiladi. Agar simptomlar vertebrobasilyar gemodinamika bilan bog'liq bo'lsa, dominant vertebral arteriya ponticulus orqali o'tsa yoki kraniovertebral jarrohlik rejalashtirilsa, MSKT-A yuqori diagnostik qiymatga ega.

3-jadval. Kimmerle anomaliyasida taklif etilayotgan bosqichma-bosqich instrumental diagnostika algoritmi

Klinik vaziyat	1-bosqich	2-bosqich	3-bosqich
Tasodifiy topilma, simptom yo'q	Rentgenografiya	Zaruratda MSKT	CTA shart emas
Servikalgiya/bosh og'rig'i	Rentgenografiya	MSKT	Klinik shubhada CTA
Vertebrobasilyar simptomlar	Rentgenografiya/MSKT	MSKT-A	Funksional vaskulyar tekshiruv
Bosh burilganda sinkope/vertigo	MSKT	MSKT-A	Dinamik Doppler/angiografiya
C1–C2 fixation rejalashtirish	MSKT	MSKT-A	3D planning/navigation
Oldingi kraniovertebral operatsiya	MSKT	MSKT-A	Individual jarrohlik planning
Bir tomonlama dominant VA + PP	MSKT	MSKT-A majburiy	Zaruratda gemodinamik tekshiruv

Taklif etilayotgan algoritmnining asosiy maqsadi ortiqcha MSKT-angiografiya tekshiruvlarini cheklagan holda klinik yoki jarrohlik ahamiyatli Kimmerle anomaliyasida yetarli vaskulyar ma'lumot olishdir.

Xulosa. Kimmerle anomaliyasi atlasning keng tarqalgan anatomik variantlaridan biri bo'lib, uning instrumental diagnostikasi faqat suyak ko'prigining mavjudligini aniqlash bilan cheklanmasligi kerak. Rentgenografiya anomaliyani dastlabki skrining qilish uchun oddiy va amaliy metod hisoblanadi, ammo proyeksiya tasvirlash anomaliyaning to'liq morfologiyasini va vertebral arteriya bilan munosabatini ko'rsatmaydi. Multispiral kompyuter tomografiya Kimmerle anomaliyasining morfologik diagnostikasi uchun asosiy tekshiruv bo'lib, complete va incomplete, unilateral va bilateral variantlarni aniqlash, suyak kanalini o'lchash hamda uch o'lchamli rekonstruksiya qilish imkonini beradi. MSKT-angiografiya diagnostik jarayonning eng informativ vaskulyar bosqichi hisoblanadi. U vertebral arteriyaning V3 segmentini, uning ponticulus bilan fazoviy munosabatini, dominantlik, gipoplaziya, kinking, lokal stenoz va qo'shimcha vaskulyar variantlarni aniqlashga imkon beradi. Kimmerle anomaliyasining klinik ahamiyatini baholashda tasviriy topilma, nevrologik simptomlar va vaskulyar anatomiya birgalikda tahlil qilinishi kerak.

Ayniqsa C1–C2 instrumental fiksatsiyasi rejalashtirilayotgan bemorlarda yupqa kesimli MSKT va kerakli hollarda MSKT-angiografiya bajarilishi vertebral arteriya shikastlanishi xavfini kamaytiruvchi muhim preoperativ bosqichdir. Kimmerle anomaliyasining zamonaviy instrumental diagnostikasi “rentgenologik topilma” konsepsiyasidan uch o‘lchamli morfologik va vaskulyar fenotiplash konsepsiyasiga o‘tishi lozim.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Elliott R. E., Tanweer O. The prevalence of the ponticulus posticus (arcuate foramen) and its importance in the Goel-Harms procedure: meta-analysis and review of the literature. *World Neurosurgery*. 2014;82(1–2):e335–e343. doi:10.1016/j.wneu.2013.09.014.
2. Pékala P. A., Henry B. M., Pékala J. R., et al. Prevalence of foramen arcuale and its clinical significance: a meta-analysis of 55,985 subjects. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2017. doi:10.3171/2017.1.SPINE161092.
3. Ordoñez-Cure S., Moreno-Drada J. A., Mier-García J. F., Baena-Caldas G. P. The ponticulus of the atlas vertebra: a systematic review and meta-analysis of its prevalence with its surgical relevance. *World Neurosurgery: X*. 2025;28:100502. doi:10.1016/j.wnsx.2025.100502.
4. Valenzuela-Fuenzalida J. J., Cornejo-Peña J., Martínez-Cid J., et al. Arcuate foramen of the atlas vertebra and its correlation with clinical implications in the craniocervical region: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery*. 2026;205:124652. doi:10.1016/j.wneu.2025.124652.
5. Xu X., Zhu Y., Ding X., Yin M., Mo W., Ma J. Research progress of ponticulus posticus: a narrative literature review. *Frontiers in Surgery*. 2022;9:834551. doi:10.3389/fsurg.2022.834551.
6. Hong J. T., Lee S. W., Son B. C., Sung J. H., Kim I. S., Park C. K. Analysis of anatomical variations of bone and vascular structures around the posterior atlantal arch using three-dimensional computed tomography angiography. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2008;8(3):230–236.
7. Wakao N., Takeuchi M., Nishimura M., et al. Vertebral artery variations and osseous anomaly at the C1–2 level diagnosed by 3D CT angiography in normal subjects. *Neuroradiology*. 2014;56:843–849.
8. Yang H., Liu G., Xia H., Ma X. Y., Wang J. A comprehensive analysis and literature review of vertebral artery variation in craniocervical junction using three-dimensional computed tomography angiography. *Neuroradiology*. 2023;65:215–223.
9. Wang S., et al. Anatomical variations of the vertebral artery: analysis by three-dimensional computed tomography angiography in Chinese population. *Orthopaedic Surgery*. 2021.
10. Arslan D., et al. The ponticulus posticus as risk factor for screw insertion into the first cervical lateral mass. *World Neurosurgery*. 2018.
11. Wang P., Meng H., Yu L., Zhang R., Song X., She T., Wang D., Li Y. C1 pedicle screw placement risks in patients with ponticulus posticus: a CTA retrospective simulation study. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2026. doi:10.1186/s13018-026-07046-1.
12. Young J. P., Young P. H., Ackermann M. J., Anderson P. A., Riew K. D. The ponticulus posticus: implications for screw insertion into the first cervical lateral mass. *Journal of Bone and Joint Surgery American*. 2005;87(11):2495–2498. doi:10.2106/JBJS.E.00184.
13. Yeom J. S., Kafle D., Nguyen N. Q., et al. Routine insertion of the lateral mass screw via the posterior arch for C1 fixation: feasibility and related complications. *The Spine Journal*. 2012;12(6):476–483. doi:10.1016/j.spinee.2012.06.010.
14. Zhang X. L., Huang D. G., Wang X. D., Zhu J. W., Li Y. B., He B. R., Hao D. J. The feasibility of inserting a C1 pedicle screw in patients with ponticulus posticus: a retrospective analysis of eleven patients. *European Spine Journal*. 2017;26(4):1058–1063. doi:10.1007/s00586-016-4589-y.
15. Bayrakdar I. S., Miloglu O., Altun O., Gumussoy I., Durna D., Yilmaz A. B. Cone beam computed tomography imaging of ponticulus posticus: prevalence, characteristics, and a review of the literature. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2014;118(6):e210–e219. doi:10.1016/j.oooo.2014.09.014.

16. Sekerci A. E., Soylu E., Arikan M. P. Prevalence and morphologic characteristics of ponticulus posticus: analysis using cone-beam computed tomography. *Journal of Chiropractic Medicine*. 2015;14(3):153–161. doi:10.1016/j.jcm.2015.06.003.
17. Geist J. R., Geist S. M. R. Y., Lin L. M. A cone beam CT investigation of ponticulus posticus and lateralis in children and adolescents. *Dentomaxillofacial Radiology*. 2014;43(5):20130451. doi:10.1259/dmfr.20130451.
18. Olszewski R., Issa J., Odri G. A. A new classification of the morphology of complete ponticulus posticus on cone beam computed tomography. *Diagnostics*. 2023;13(18):3009. doi:10.3390/diagnostics13183009.
19. Giri J., Pokharel P. R., Gyawali R. How common is ponticulus posticus on lateral cephalograms? *BMC Research Notes*. 2017;10:172. doi:10.1186/s13104-017-2494-z.
20. Tambawala S. S., Karjodkar F. R., Sansare K., Motghare D., Mishra I., Gaikwad S., Dora A. C. Prevalence of ponticulus posticus on lateral cephalometric radiographs, its association with cervicogenic headache and a review of literature. *World Neurosurgery*. 2017;103:566–575. doi:10.1016/j.wneu.2017.04.030.
21. Gibelli D. M., Cappella A., Cerutti E., et al. Prevalence of ponticulus posticus in a Northern Italian orthodontic population: a lateral cephalometric study. *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2016;38(3).
22. Chen C. H., Chen Y. K., Wang C. K. Prevalence of ponticuli posticus among patients referred for dental examinations by cone-beam CT. *The Spine Journal*. 2015;15(6):1270–1276. doi:10.1016/j.spinee.2015.02.031.
23. Sabir H., Kumbhare S., Rout P. Evaluation of ponticulus posticus on digital lateral cephalograms and cone beam computed tomography in patients with migraine and healthy individuals: a comparative study. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*. 2014;118(3):348–354. doi:10.1016/j.oooo.2014.04.016.
24. Macrì M., Rendina F., Feragalli B., Pegreffì F., Festa F. Prevalence of ponticulus posticus and migraine in 220 orthodontic patients: a cross-sectional study. *Biology*. 2023;12.
25. Pękala P. A., Henry B. M., Phan K., et al. Presence of a foramen arcuale as a possible cause for headaches and migraine: systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2018;54:113–118. doi:10.1016/j.jocn.2018.05.008.
26. Koutsouraki E., Avdelidi E., Michmizos D., Kapsali S. E., Costa V., Baloyannis S. Kimmerle's anomaly as a possible causative factor of chronic tension-type headaches and neurosensory hearing loss: case report and literature review. *International Journal of Neuroscience*. 2010;120(3):236–239. doi:10.3109/00207451003597193.
27. Polishchuk M., Muravskiy A. V., Honcharuk O., Vyval M. B. Kimmerle anomaly as a cause of extravasal compression of the vertebral artery. *Ukrainian Interventional Neuroradiology and Surgery*. 2022.
28. Lukianchikov V., Lvov I., Grin A., Kordonskiy A., Polunina N., Krylov V. Minimally invasive surgical treatment for vertebral artery compression in a patient with one-sided ponticulus posticus and ponticulus lateralis. *World Neurosurgery*. 2018;117:97–102.
29. Gul E., Atik I. Does ponticulus posticus affect vertebral artery diameter? *Surgical and Radiologic Anatomy*. 2024;46(9):1517–1524. doi:10.1007/s00276-024-03430-w.
30. Kwon J. K., Kim M. S., Lee G. J. The incidence and clinical implications of congenital defects of atlantal arch. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2009;46(6):522–527. doi:10.3340/jkns.2009.46.6.522.
31. Selby S., Garn S. M., Kanareff V. The incidence and familial nature of a bony bridge on the first cervical vertebra. *American Journal of Physical Anthropology*. 1955;13:129–141. doi:10.1002/ajpa.1330130110.
32. Pyo J., Lowman R. M. The ponticulus posticus of the first cervical vertebra. *Radiology*. 1959;72(6):850–854. doi:10.1148/72.6.850.
33. Kendrick G. S., Biggs N. L. Incidence of the ponticulus posticus of the first cervical vertebra between ages six to seventeen. *Anatomical Record*. 1963;145:449–453. doi:10.1002/ar.1091450308.

34. Lamberty B. G. H., Zivanović S. The retro-articular vertebral artery ring of the atlas and its significance. *Acta Anatomica*. 1973;85(1):113–122. doi:10.1159/000143987.
35. Saunders S. R., Popovich F. A family study of two skeletal variants: atlas bridging and clinoid bridging. *American Journal of Physical Anthropology*. 1978;49:193–203. doi:10.1002/ajpa.1330490207.