

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РЕТРОСИГМОВИДНОГО ДОСТУПА В ХИРУРГИИ МЕНИНГИОМ МОСТОМОЗЖЕЧКОВОГО УГЛА

С.В. Ишков

ГБУЗ «Оренбургская областная клиническая больница», г. Оренбург, 460018, ул. Аксакова 23,

Цель: С целью оптимизации параметров ретросигмовидного доступа к менингиомам мостомозжечкового угла была разработана методика его индивидуального планирования с учетом локализации матрикса, направления роста опухоли и формы задней черепной ямки.

Материал и методы: при рентгенометрическом исследовании 160 компьютерных томограмм пациентов без патологии костей черепа и головного мозга были определены 8 форм строения костного основания задней черепной ямки, выявлены особенности строения и пространственного расположения пирамиды височной кости.

Результаты. Проекционный анализ 38 компьютерных томограмм и ангиограмм пациентов с менингиомами мостомозжечкового угла выявил особенности смещений структур ствола мозга и сосудистых и нервных образований в зависимости от направления роста опухоли и формы костно-оболочечного каркаса.

Вывод. На основе индивидуальной анатомической модели задней черепной ямки и особенностей топографии опухоли, разработан метод планирования и оптимизации параметров ретросигмовидного доступа, который позволил увеличить его точность, тем самым снизить травматичность и вероятность развития послеоперационных осложнений.

Ключевые слова: опухоли задней черепной ямки, оперативные доступы, планирование.

Objective: the method of individual planning of retrosigmoid approach to the pontocerebellar meningiomas taking into account the localization of tumor matrix, growth direction of tumor and configuration of posterior cranial fossa (PCF) was developed aiming the optimization of the parameters of mentioned approach.

Material and methods: 8 forms of bone basis configuration of PCF as well as structure features and spatial relationship of petrosal bone were revealed after X-ray data examination of 160 CT scans of patients without neurosurgical pathology

Results. The projection analysis of 38 CT scans and angiograms of patients suffered from pontocerebellar meningiomas revealed the features of dislocation of various brain stem structures as well as vascular and neural structures in relation to growth direction of tumor and bone and dura mater configuration of PCF.

Conclusion. The method of planning and parameters optimization of retrosigmoid approach based on individual anatomical model of PCF and features of tumor topography was developed. This method allowed increasing the accuracy of surgical approach and lowering the operative trauma and risk of complications.

Key words: tumors of posterior cranial fossa, surgical approaches, preoperative planning.

Планирование оперативного доступа признано эффективным способом снижения травматичности оперативного вмешательства и обеспечения максимальной радикальности удаления новообразования [2, 4]. В литературе обсуждается методика компьютерной 3D-реконструкции томограмм пациентов для индивидуализации взаиморасположения костных ориентиров и синусов твердой мозговой оболочки (ТМО) при планировании латерального субокципитального доступа [8] и в хирургии основания черепа [9]. По мнению ряда авторов, система компьютерной нейронавигации является наиболее надежным методом планирования и реализации оперативного доступа в хирургии глубоких образований головного мозга [5]. Однако анатомические особенности задней черепной ямки (ЗЧЯ) ограничивают его применение при планировании оперативных доступов в области основания черепа. Имеются единичные публикации о применении этого метода при расчете объема резекции задней стенки внутреннего слухового прохода при удалении вестибулярных

шванном [7] и при планировании доступа к гематомам полушарий мозжечка с предварительной установкой рентгеноконтрастных меток [3]. Современное развитие хирургии опухолей ЗЧЯ предъявляет повышенные требования к точности и адекватности оперативных доступов, что делает актуальной дальнейшую разработку анатомически обоснованных методов их планирования и индивидуальной адаптации.

Целью исследования явилась оптимизация параметров ретросигмовидного доступа к менингиомам мостомозжечкового угла путем его планирования с учетом локализации новообразования и индивидуальных особенностей строения латеральных отделов ЗЧЯ.

Материал и методы

Особенности строения височно-сосцевидной области черепа изучали на 160 компьютерных томограммах пациентов без патологии черепа и

головного мозга, направленных на исследование для исключения объемного процесса. Определяли форму ЗЧЯ, измеряя 3 основных параметра: длину (расстояние от основания спинки турецкого седла до внутреннего затылочного выступа), ширину (расстояние между наибольшими углублениями борозд сигмовидных синусов у основания верхней грани пирамиды) и глубину (расстояние от воображаемой линии длины до заднего края большого затылочного отверстия). Измеряли длину пирамиды по верхнему краю от основания до вершины, угол схождения осей пирамид, пирамидно-затылочный угол (между осью пирамиды и линией, соединяющей основание пирамиды с внутренним затылочным возвышением). Определяли особенности пространственной ориентации пирамиды, сосцевидного отростка, чешуи затылочной кости, расположения внутреннего слухового прохода в зависимости от формы ЗЧЯ. Для анализа особенностей смещений структур мостомозжечкового угла в различных формах ЗЧЯ в зависимости от локализации матрикса менингиомы и направления ее роста разработали систему проекционных линий и костных ориентиров, которую в последующем использовали при планировании доступов (рис. 1).

Анализ опухолевых смещений сосудисто-нервных образований проводили на 40 компьютерных томограммах (включая ангиограммы) пациентов с менингиомами мостомозжечкового угла размером до 30 мм. Обследование проводили на спиральном компьютерном томографе «Aquilion 32» (Toshiba, Япония) Использовались стандартные протоколы исследования.

Планирование доступов проводили с использованием программы анализа компьютерных и магнитно-резонансных томограмм «eFilm Workstation 1.8.3» (eFilm Medical Inc., Canada), 3D-моделирование — на системе компьютерной нейронавигации «Stealth Station/S7» (Medtronic, USA).

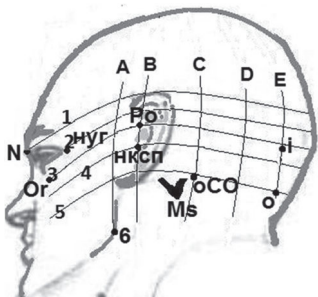


Рис. 1. Схема костных ориентиров и проекционных линий на коже затылочной и височной областей головы: 1 (N) — «НАЗИОН»; 2 (НУГ) — наружный угол глаза; 3 (Or) — нижний край глазницы и франкфуртская горизонталь (Or — Po); 4 (нксп) — нижний край наружного слухового прохода; 5 (оСО) — основание сосцевидного отростка и линия «С»; 6 — угол нижней челюсти и линия «А»; Po — вершина сосцевидного отростка; линия «D» — через середину расстояния между точкой 5 и линией «Е»

Fig. 1. The scheme of bone markers and projection lines on the skin of occipital and temporal areas: 1 (N) — «NASION»; 2 (НУГ) — external corner of eye; 3 (Or) — Lower border of orbit and Frankfurter plane (Or — Po); 4 (нксп) — lower margin of external acoustic meatus; 5 (оСО) — base of mastoid process and line «С»; 6 — mandibular angle and line «А»; Po — «PORION» and line «В»; i — «INIION» and line «Е»; Ms — tip of mastoid process; line «D» — through the middle point of the distance between point 5 and line «Е»

Индивидуальное планирование ретросигмовидного доступа применили в хирургическом лечении 22 пациентов (10 мужчин и 12 женщин в возрасте от 39 до 68 лет) с типичными менингиомами (G1) мостомозжечкового угла в нейрохирургическом отделении Оренбургской областной клинической больницы.

При проведении статистических расчетов использовали компьютерные программы «Microsoft Excel Office 2007» и «Statistica 6.1.478 Russian Enterprise». Количественные признаки были подвергнуты статистической обработке путём подсчёта основных статистических характеристик: выборочного среднего (\bar{X}), ошибки среднего ($\pm Sx$), коэффициента корреляции (R).

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщение основных линейных краниометрических параметров ЗЧЯ — длины, ширины и глубины — позволило выделить 8 форм строения ее костного основания по вариантам сочетаний этих показателей: длинная узкая глубокая (10,8% наблюдений), короткая широкая мелкая (8,8%), длинная узкая мелкая (8,8%), короткая широкая глубокая (2,9%), длинная широкая глубокая (27,4%), короткая узкая мелкая (9,8%), длинная широкая мелкая (23,5%), короткая узкая глубокая (7,8%). Формы ЗЧЯ имели определенную характеристику по линейным и угловым параметрам. Углы между костными образованиями характеризовали индивидуальную конфигурацию и степень симметрии ямки.

Длина пирамиды височной кости прямо коррелировала ($R=0,99$) с длиной ЗЧЯ ($59,7 \pm 1,6$ мм в короткой, $70,4 \pm 0,8$ мм в длинной). Величина угла схождения пирамид височных костей находилась в обратной зависимости от длины и в прямой ($R=0,68$), от ширины ЗЧЯ ($100,1 \pm 1,2^\circ$ в длинной узкой ямке, $104,8 \pm 1,1^\circ$ — в короткой широкой). Величина пирамидно-затылочного угла в длинной узкой ямке составила в среднем $72,4 \pm 0,9^\circ$, в короткой широкой — $66,3 \pm 0,6^\circ$.

В длинной узкой ЗЧЯ угол схождения пирамид приближался к 90° , верхний край пирамиды был приподнят по отношению к плоскости верхней грани, задняя грань располагалась отвесно. При глубине ЗЧЯ 20—24 мм высота задней грани пирамиды височной кости у борозды сигмовидного синуса была в среднем $17,4 \pm 1,2$ мм, при глубине ЗЧЯ свыше 32 мм этот параметр составлял $23,3 \pm 1,1$ мм. В короткой ямке угол схождения пирамид височных костей был тупой, пирамида смещалась кзади, а вершина внутрь, верхний край пирамиды опускался относительно плоскости верхней грани. В широкой ямке вершина пирамиды смещалась вниз и латерально (рис. 2).

В зависимости от формы ЗЧЯ отмечены варианты строения сосцевидной области. Длина основания сосцевидного отростка прямо коррелировала ($R=0,76$) с длиной ЗЧЯ. Чем было длиннее основание сосцевидного отростка, тем дальше от наружного слухового прохода распола-

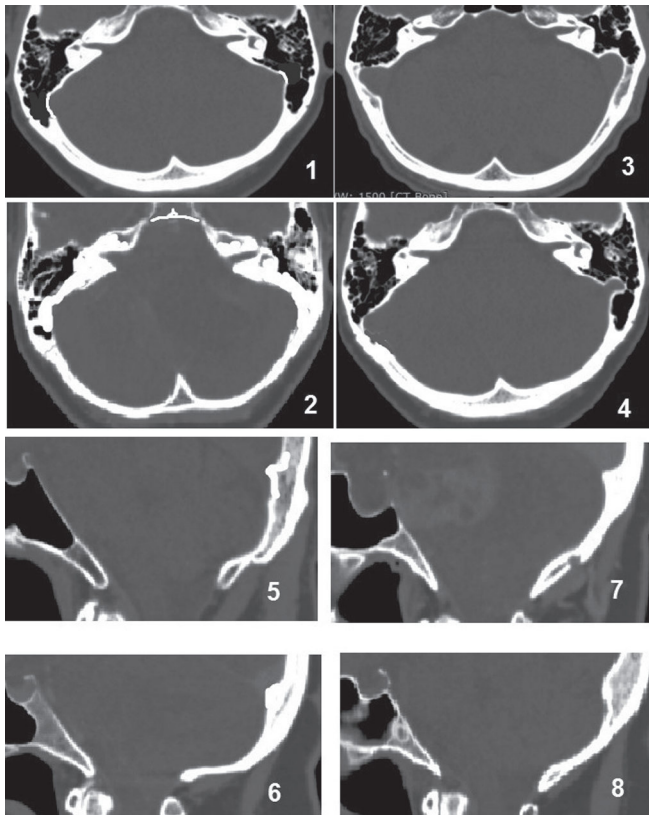


Рис. 2. КТ в аксиальной и сагиттальной проекции (костное окно). Формы задней черепной ямки: 1 — короткая узкая, 2 — длинная узкая, 3 — короткая широкая, 4 — длинная широкая, 5 — длинная глубокая, 6 — длинная мелкая, 7 — короткая глубокая, 8 — короткая мелкая.
 Fig. 2. CT in axial and sagittal plane (bone window). The forms of posterior cranial fossa: 1 — short and narrow, 2 — long and narrow, 3 — short and broad, 4 — long and broad, 5 — long and deep, 6 — long and plain, 7 — short and deep, 8 — short and plain.

галась борозда сигмовидного синуса, и тем ближе к срединной плоскости располагалась верхушка сосцевидного отростка. В глубокой ямке основание сосцевидного отростка и наружное отверстие слухового прохода были ближе расположены к основанию черепа, борозда сигмовидного синуса была более изогнута.

Полученные при анализе компьютерных томограмм данные уточнили и дополнили результаты, проведенных ранее краниометрических исследований [1, 6] и легли в основу планирования оперативного доступа в части определения необходимого объема резекции костных структур с учетом толщины кости, выраженности воздухоносных полостей, расположения костных каналов и отверстий на основании черепа.

Анализ компьютерных томограмм с применением проекционной схемы позволил выявить особенности смещений ствола мозга, сосудистых и нервных образований, вызванных менингиомами мостомозжечкового угла при различных формах ЗЧЯ.

Локализация матрикса опухоли определяла направление смещения сосудистых и нервных

образований и характер деформации мостомозжечковой цистерны. Темп развития дислокации структур зависел от формы ЗЧЯ. В узкой ямке поперечное смещение моста и полушария мозжечка происходило раньше, чем в широкой при равном размере опухоли.

Менингиомы мостомозжечкового угла в зависимости от локализации матрикса опухоли распределились следующим образом: кпереди от внутреннего слухового прохода — 16 (9 в основной группе и 7 в контрольной — 40,0%); выше внутреннего слухового прохода — 7 (3 в основной и 4 в контрольной — 17,5%); между внутренним слуховым проходом и яремным отверстием — 4 (2 в основной и 2 в контрольной — 10,0%); в области задней грани пирамиды височной кости — 13 (7 в основной и 6 в контрольной — 32,5%).

Менингиомы размерами до 30 мм в диаметре при расположении матрикса кпереди от внутреннего слухового прохода (вершина пирамиды височной кости, передние отделы верхнего каменистого синуса, латеральные отделы вырезки намета мозжечка) вытесняли цереброспинальную жидкость (ЦСЖ) из передних отделов мостомозжечковой цистерны. Акустико-фациальная группа нервов смещалась кзади от плоскости «В» и книзу, тройничный нерв и верхняя мозжечковая артерия, напротив, смещались кпереди от вертикальной плоскости «В», в короткой ЗЧЯ — за вырезку намета мозжечка. Отводящий нерв чаще был расположен у основания вершины пирамиды. Вена клочка мозжечка (вена Денди) прижималась к намету, в мелкой ямке интенсивнее, в связи с более низким, по сравнению с другими формами, расположением места слияния прямого синуса с нижним сагиттальным (рис. 3 А).

Расположение матрикса менингиомы выше внутреннего слухового прохода определяло рост опухоли выше плоскости 3 (франкфуртской горизонтали), происходило смещение акустико-фациальной группы нервов от этой плоскости вниз и кзади (см. рис. 3 В).

При варианте расположения матрикса опухоли между внутренним слуховым проходом и яремным отверстием слуховой и лицевой нервы смещались вверх к франкфуртской горизонтали. Вытеснялась ЦСЖ из продолговатомозговой цистерны, корешки каудальной группы нервов смещались к боковой поверхности моста. В узкой ЗЧЯ при прочих равных условиях происходила боковая деформация верхних отделов продолговатого мозга (см. рис. 3 С).

При локализации матрикса менингиомы в области задней грани пирамиды височной кости смещение слухового и лицевого нервов происходило от плоскости «В» по косому вектору кпереди и вверх, нервы находились за опухолью, каудальная группа нервов смещалась в базальном направлении (см. рис. 3 D). Вектор роста менингиомы задней грани пирамиды височной кости был направлен кзади и к срединной плоскости.

Обобщение результатов проведенных клинико-анатомических исследований позволило разработать методику индивидуального планирова-

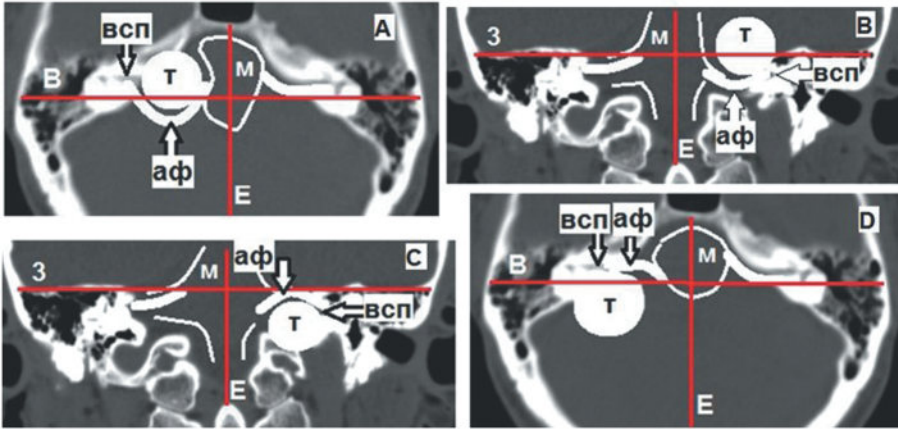


Рис. 3. Схема смещения акустико-фациальной группы черепных нервов (аф) и деформации ствола мозга на уровне моста (м) в зависимости от локализации матрикса опухоли (т) по отношению к внутреннему слуховому проходу (всп): А — кпереди, В — выше, С — ниже, D — кзади. Е — срединная плоскость, 3 — франкфуртская горизонталь, В — плоскость на уровне наружных слуховых проходов.

Fig 3. The scheme of dislocation of acousticofacial group of cranial nerves (аф) and brain stem deformation at the level of pons (м) depending on localization of tumor matrix (т) in relation to internal acoustic meatus (всп): А — anteriorly, В - superiorly, С — inferiorly, D — posteriorly. Е — middle plain, 3 — Frankfurter plane, В — plane at the level of external acoustic meati.

ния ретросигмовидного доступа к менингиомам мостомозжечкового угла.

В нашем исследовании планирование оперативного вмешательства осуществляли на ноутбуке VAIO VGN-FS (Sony Corp.) с операционной системой Windows XP, Home Edition (Microsoft Corp., 2002), используя программу анализа компьютерных и магнитно-резонансных томограмм «eFilm Workstation 1.8.3» (eFilm Medical Inc., Canada). Ориентировались на усредненные параметры ретросигмовидного доступа к зоне внутреннего слухового прохода: угол операционного действия — 18—20°, глубина доступа — 45—55 мм, угол хирургической дозволенности не более 10° от оси доступа [5].

При планировании и составлении схемы ретросигмовидного доступа выбирали следующие костные ориентиры: наружное затылочное возвышение «ИНИОН» (i), задний край большого затылочного отверстия «ОПИСТИОН» (o), место соединения теменной, височной и затылочной костей «АСТЕРИОН» (As), заднее основание сосцевидного отростка (oCO) (рис. 4).

Относительно костных ориентиров определяли особенности топографии опухоли. Путем изменения плотностных характеристик изображения определяли источник роста и оценивали протяженность матрикса опухоли. Ось доступа ориентировали по ходу матрикса, точку входа оси фиксировали в схеме. Расположение оси доступа по верхнему краю пирамиды относительно плоскости наружного слухового прохода (В) в узкой ямке было под углом $44,8 \pm 2,1^\circ$, в широкой — $29,6 \pm 2,4^\circ$. Трепанационное окно адаптировали к оси доступа для обеспечения максимального возможного угла хирургической атаки.

Угол операционного действия рассчитывали относительно границ опухоли с максимально возможным обнажением опухолевого узла при возможной тракции мозговых структур относительно оси доступа в пределах 10° и смещения узла опухоли при выделении относительно первоначальных границ до 1 см (20—25° в области удаленного участка матрикса опухоли). Максимальный диаметр трепанационного окна

обычно планировали до 50 мм (с учетом латеральной резекции кости). Глубину доступа определяли по оси от поверхности ТМО до наиболее отдаленного полюса опухоли (в короткой ЗЧЯ до задней стенки внутреннего слухового прохода — $33,4 \pm 1,1$ мм, до верхушки пирамиды — $56,5 \pm 0,8$ мм; в длинной — $45,1 \pm 1,5$ и $60,2 \pm 1,1$ мм соответственно). От точек пересечения края трепанационного окна с проекционными линиями

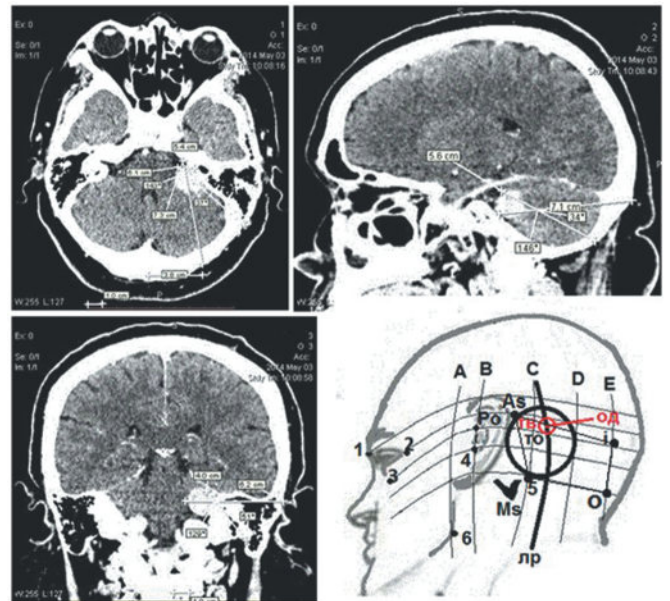


Рис. 4. Расчет параметров и схема ретросигмовидного доступа на рисунке головы пациента (справа внизу): лр — линия разреза кожи, то — границы трепанационного окна, тв — точка входа и оа — ось доступа (выделены красным цветом). На схему нанесены костные ориентиры: 5 — основание сосцевидного отростка; i — «ИНИОН»; o — «ОПИСТИОН»; As — «АСТЕРИОН».

Fig. 4. The calculation of parameters and the scheme of retrosigmoid approach on the picture of patient's head (bottom right): лр — line of skin incision, то — borders of trepanation window, тв — entrance point and оа — axis of approach (marked by red). The bone markers are on the scheme: 5 — base of mastoid process; i — «INION»; o — «OPISTION»; As — «ASTERION».

проводили измерение до границы опухоли с полушарием мозжечка и стволовыми структурами. Для возможности ориентирования в глубине раны при удалении опухоли измеряли расстояния от заднего или верхнего края внутреннего слухового прохода до полюсов опухоли.

При планировании доступа к менингиомам мостомозжечкового угла обязательным являлся анализ ангиограмм и синусограмм для получения дополнительной информации об источниках кровоснабжения опухоли, соотношении с магистральными венами и синусами, расположении по ходу доступа крупных сосудов.

Важным условием соблюдения выбранных параметров доступа являлась жесткая фиксация головы в скобе Мейфилда, адаптация оси доступа к оптической оси микроскопа путем поворота головы и наклона к груди в зависимости от глубины и ширины ЗЧЯ (в среднем варианте умеренное приведение к груди и поворот вниз на 10–15°, в узкой ямке — без поворота, в широкой — поворот вверх на 10–15°). Верхнее плечо оттягивали книзу вдоль туловища (рис. 5).

Особенности выполнения ретросигмовидного доступа к менингиомам мостомозжечкового угла и обеспечение его оптимальных параметров определялись индивидуальной моделью ЗЧЯ, отражающей всю совокупность клиничко-анатомических и краниометрических данных.

Глубина ямки имела значение при подходе к менингиомам, располагавшимся между внутренним слуховым проходом и яремным отверстием, в мелкой ямке отмечалась заметное ограничение диапазона манипуляций в зоне матрикса опухоли

на фоне значительной выраженности смещений структур опухолью. Для формирования трепанационного окна необходимого диаметра резекцию кости осуществляли во всех направлениях и латерально вверх с обнажением места перехода поперечного синуса в сигмовидный.

Максимально возможных параметров ретросигмовидного доступа удавалось достичь при удалении менингиом задней грани пирамиды височной кости в узкой глубокой ямке, при этом не было необходимости обнажения края сигмовидного синуса. В широкой ЗЧЯ со средними параметрами глубины (расстояние между «ИНИОН» и «ОПИСТИОН» 34–38 мм) трепанацию затылочной кости осуществляли преимущественно в латеральном направлении, включая медиальные отделы сосцевидного отростка с обнажением сигмовидного синуса для обеспечения его смещения.

В длинной широкой ЗЧЯ в связи с тупым углом схождения пирамид и наибольшей длиной задней грани пирамиды условия доступа к матриксу в зоне внутреннего слухового прохода были наиболее затруднительными. Для этого необходимо было осуществлять значительную тракцию полушария мозжечка, что может быть опасно из-за возникновения в ближайшем послеоперационном периоде нарушений локального кровообращения в зоне воздействия. В этом случае целесообразно сразу планировать резекцию латеральных отделов полушария мозжечка или выполнить резекцию сосцевидного отростка и части пирамиды для обнажения ТМО перед сигмовидным синусом (в обсуждаемой форме ямки до 15 мм при смещении сигмовидного синуса). Это позволяет уменьшить глубину доступа в среднем на 20 мм при сохранении оптимального угла операционного действия. Наиболее благоприятные условия при манипуляциях в зоне внутреннего слухового прохода создавались в узкой короткой ЗЧЯ.

Для подхода к менингиомам верхушки пирамиды височной кости планировали резекцию сосцевидного отростка и части пирамиды височной. Объем необходимой резекции определяли в зависимости от протяженности матрикса опухоли и особенностей расположения верхушки и верхней грани пирамиды височной кости в зависимости от формы ЗЧЯ. При соблюдении объема и направления резекции кости удавалось достичь угла операционного действия в зоне внутреннего слухового прохода в широкой ЗЧЯ — $22,3 \pm 2,3^\circ$, в узкой — $28,3 \pm 2,2^\circ$. Индивидуализация ретросигмовидного доступа для уменьшения размеров трепанационного окна целесообразна при менингиомах размером до 30 мм. При опухолях больших размеров необходимо рассматривать вопрос о применении комбинированного доступа, который должен быть достаточным для удаления частей опухоли, расположенных спереди или снизу от слухового прохода.

Методика индивидуального планирования ретросигмовидного доступа была применена в хирургическом лечении 22 пациентов с менингиомами мостомозжечкового угла, в результате у

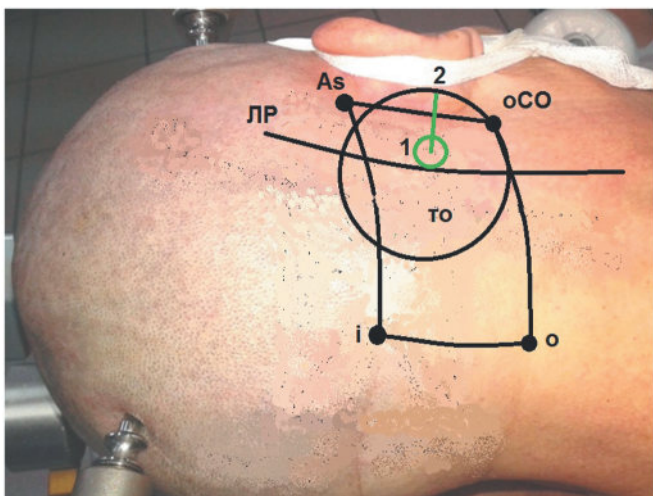


Рис. 5. Схема ретросигмовидного доступа, нанесенная на кожу затылочной области головы пациента: лр — линия кожного разреза; As — «астерион»; ТО — границы трепанационного окна; оСО — основание сосцевидного отростка; о — «опистион»; i — «инион»; 1 — точка входа траектории доступа (2).

Fig. 5. The scheme of retrosigmoid approach on the skin of occipital area of patient's head: лр — line of skin incision; As — «asterion»; ТО — borders of trepanation window; оСО — base of mastoid process; о — «opiston»; i — «inion»; 1 — entrance point of approach trajectory (2).

19 (86,4%) опухоль была удалена радикально: у 9 — Simpson II, у 10 — Simpson III. Частичное удаление опухоли (Simpson IV) выполнено у 3 больных (16,7%). После операции у 3 из 22 пациентов (13,6%) отмечены осложнения в раннем послеоперационном периоде (1 — кровоизлияние в ложе опухоли, 2 — повреждение черепных нервов). Умер 1 пациент из 22, послеоперационная летальность — 4,5%.

Заключение

Методика планирования оперативного вмешательства на основе индивидуальных особенностей строения задней черепной ямки с применением современных средств визуализации и системы компьютерной нейронавигации является способом подготовить хирурга к особым условиям выполнения доступа, моделировать возможные варианты подхода к опухоли, тем самым увеличить точность, снизить травматичность доступа и вероятность развития послеоперационных осложнений.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Ишков Сергей Владимирович — врач-нейрохирург, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий отделением экстренной консультативной помощи ГБУЗ «Оренбургская областная клиническая больница» ул. Аксакова 23, г. Оренбург, 460018, E-mail: ookbmedis@mail.ru; ishkov007@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешкина О.Ю., Анисимов А.Н., Хурчак Ю.А. и др. Взаимосвязь углов схождения и наклона пирамид височной кости с размерными характеристиками мозгового черепа человека у различных краниотипов // Саратовский научно-медицинский журнал. — 2012. — Т. 8, № 4. — С. 892 — 894.
2. Жуков В.Ю. Планирование хирургического доступа при удалении внутримозговых опухолей больших полушарий с использованием функциональной МРТ, навигационных систем и электрофизиологического мониторинга // Автореф. дисс. канд. мед. наук. — М., 2010. — 26 с.
3. Крылов, В.В., Буров С.А., Дашьян В.Г. Использование безрамной нейронавигации в неотложной нейрохирургии // Журн. вопр. нейрохир. им. Н.Н.Бурденко. — 2008. — № 3. — С. 9 — 13.
4. Мухаметжанов Д. Ж., Махмудов У.Б., Шиманский В.Н. Дооперационное обоснование выбора доступов к петрокливалым менингиомам // Материалы III съезда нейрохирургов России. — СПб., 2002. — С. 133.
5. Смирнов Д.С. Использование различных методов нейронавигации в хирургии глубоких внутримозговых образований малого объема // Автореф. канд. мед. наук. — М., 2013. — 22 с.
6. Шувалова Л.В. Стереотопометрия пирамиды височной кости в зависимости от формы черепа: (Анатомо-клин. исслед.) // Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Оренбург, 2002. — 32 с.
7. Ырысов К.Б. Использование нейронавигации в хирургии вестибулярных шванном // Бюллетень сибирской медицины. — 2008. — № 5. — С. 219 — 222.
8. Gharabaghi A., Rosahl S.K., Feigl G.C. Image-guided lateral suboccipital approach: part 1 — individualized landmarks for surgical planning // Neurosurgery. — 2008. — V. 62, №3. — P. 18 — 22.
9. Rosahl S.K., Gharabaghi U, Hubbe U. et al. Virtual reality augmentation in skull base surgery // Skull Base. — 2006. — V. 16, № 2. — P. 59 — 66.