

МЕХАНИЗМ ПОВРЕЖДЕНИЙ СВЯЗОЧНОГО АППАРАТА КРАНИОВЕРТЕБРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КРОВОТОК В ПОЗВОНОЧНЫХ АРТЕРИЯХ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

С.В. Колесов

Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова, Москва

На 22 анатомических препаратах — блоках шейного отдела позвоночника проведены моделирование различных повреждений связочного аппарата и оценка их влияния на кровоток по позвоночным артериям. Установлено, что основная стабилизирующая роль в краниовертебральном сегменте принадлежит крыловидным и поперечной связкам. При сгибательно-ротационном, разгибательно-ротационном и сгибательном механизме травмы возможны различные по объему повреждения связочного аппарата. Выявлено три вида повреждений: одностороннее повреждение крыловидной связки; одностороннее повреждение крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки; двустороннее повреждение крыловидных связок в сочетании с повреждением поперечной связки. При повреждении связочных структур верхнешейного отдела позвоночника развивается его нестабильность, особенно атлантоаксиального сочленения, что приводит к динамическому сдавлению позвоночных артерий при ротации атлантоаксиального сегмента.

In 22 anatomic preparations of the cervical spine block various injuries of the ligamentous system were simulated and the evaluation of their effect upon the spinal arteries blood flow was performed. It has been shown that within craniovertebral segment the alar and transverse ligaments play the basic stabilizing role. Bending rotative, straightening rotative and bending mechanisms of injury may cause different volume of ligamentous system injuries. Three types of injuries have been detected: unilateral injury of the alar ligament, unilateral injury of the alar injury in combination with the transverse ligament injury and bilateral injury of the alar ligaments in combination with the transverse ligament injury. Injury of the upper cervical spine ligamentous structures results in the development of spine instability; especially in instability of atlantoaxial junction that causes dynamic compression of spinal arteries at atlantoaxial segment rotation.

Экспериментальное исследование повреждений связочных структур краниовертебрального сегмента и их последствий имеет важное не только теоретическое, но и практическое значение. Вместе с тем работ по моделированию таких повреждений у детей и подростков мы в литературе не встретили. Некоторые авторы упоминают о возможности подобных повреждений [1–4] и их существенном влиянии на биомеханику краниовертебральной области. Для изучения этого вопроса нами был разработан способ моделирования вывихов и подвывихов атланта и устройство для его реализации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В качестве экспериментального материала использовали краниовертебральные блоки, изъятые у трупов детей и подростков в возрасте от 7 до 16 лет, смерть которых не была связана с повреждением шейного отдела позвоночника и костей основания черепа. У вскрытого трупа после проведения патологоанатомического исследования через внутреннюю поверхность черепа резецировали часть его основания, сочленяющуюся с шейными позвонками. Ориентиром при этом служило большое затылочное отверстие. Затем на уровне

не нижнешейных позвонков пересекали передние и задние элементы позвоночника. Мобилизованный таким образом шейный отдел вместе с костями основания черепа отделяли от мягких тканей и удаляли. Выделение блока шейных позвонков вместе с основанием черепа позволяло сохранить неповрежденными атлантозатылочное и атлантоаксиальное сочленение. После этого осторожно тупым путем убирали заднюю покрывную мембрану таким образом, чтобы можно было визуально контролировать состояние связочного аппарата краниовертебрального сегмента (крыловидные и поперечную связки). Затем блок фиксировали спицами в опорных элементах, при этом спицы верхнего опорного комплекса проводили через чешую и скат затылочной кости, а спицы нижнего опорного комплекса — через тело и дуги нижнего шейного позвонка. Во всех случаях на краниовертебральных блоках измеряли объем ротационных движений в суставе C1–2.

Выделенный и фиксированный черепно-позвоночный блок помещали в устройство, имеющее опорные элементы в виде двух колец с закрепленными в них спицами, взаимодействующие с механизмом нагружения с динамометром. Механизм

нагружения выполнен в виде пружины. Устройство снабжено горизонтальной платформой, на которой фиксировался нижний опорный элемент, и вертикальной платформой, на которой при помощи передвижного кронштейна был укреплен механизм нагружения, соединенный с верхним опорным элементом через динамометр. Путем перемещения кронштейна по вертикальной платформе можно задавать различные углы прилагаемого травмирующего воздействия. Пружина приводилась в натянутое состояние при помощи фиксатора, один конец которого прикреплялся к верхнему опорному элементу, а другой — к вертикальной или горизонтальной платформе, в зависимости от механизма наносимой травмы.

При моделировании сгибательно-ротационного механизма травмы (4 эксперимента) краниовертебральный блок фиксировали к горизонтальной платформе так, чтобы тела позвонков были обращены к вертикальной платформе. Пружину крепили к верхнему кольцу сзади, а другим концом прикреплялся к горизонтальной платформе. После пересечения фиксатора устройство срабатывало и произ-

водило флексионное травмирующее воздействие (рис. 1).

При разгибательном механизме травмы (3 эксперимента) блок поворачивали на 180° остистыми отростками по направлению к вертикальной платформе. Места прикрепления механизма нагружения и фиксатора оставались теми же. Пересечение фиксатора приводило к разгибательному травмирующему воздействию.

При моделировании сгибательно-ротационного механизма травмы (6 экспериментов) пружину крепили к верхнему кольцу сбоку, а с противоположной стороны кольца прикрепляли фиксатор, другой конец которого был прикреплен к вертикальной платформе. При пересечении фиксатора происходила форсированная ротация верхнего опорного элемента с одновременным его сгибанием.

Для моделирования разгибательно-ротационного механизма травмы (3 эксперимента) блок поворачивали на 180° , места прикрепления фиксатора и пружины не меняли.

Последствия травмирующих воздействий оценивали визуально и рентгенологически. Визуально определяли состояние связочного аппарата —

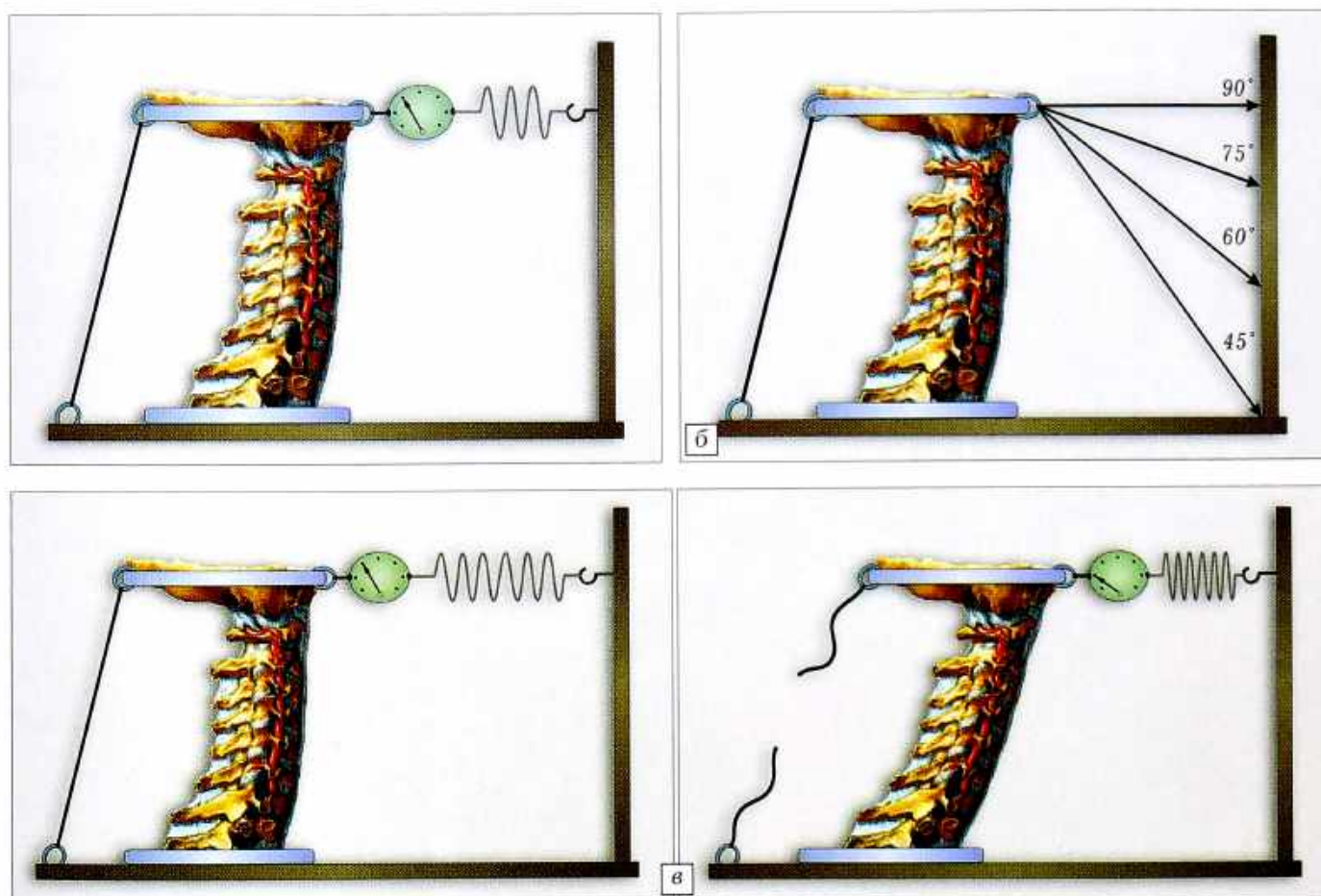


Рис. 1. Схема механизма нагружения при моделировании повреждения связочного аппарата верхней шейной области позвоночника.

а — общая схема устройства; б — схема нанесения травмирующего воздействия под разными углами; в — моделирование сгибательного механизма травмы.

крыловидных и поперечных связок, состояние капсул суставов. Сравнивали объем ротационных движений в атлантоаксиальном сочленении до и после травмирующего воздействия. Рентгенологическое исследование черепно-позвоночных блоков до и после нанесения травмы проводили по следующей схеме: рентгенография в прямой проекции и функциональная рентгенография при сгибании и разгибании блока шейных позвонков за счет поочередного стягивания колец опорных элементов сзади и спереди. В ходе описанных экспериментов в целом было использовано 16 краниовертебральных блоков.

Кроме того, на 6 блоках были проведены эксперименты по изучению влияния повреждений связочного аппарата верхнешейного отдела позвоночника на состояние кровотока по позвоночным артериям.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

До нанесения травмы объем ротационных движений в атлантоаксиальном сегменте направо был равен в среднем $36,6^\circ$, налево — $35,8^\circ$. Ширина щели сустава Крювелье на всех блоках в положении сгибания не превышала 3 мм. На прямых рентгенограммах зубовидный отросток аксиса располагался

симметрично по отношению к боковым массам атланта.

При моделировании сгибательно-ротационного механизма травмы в 3 случаях при силе травмирующего воздействия от 180 до 220 Н был получен односторонний разрыв крыловидной связки (1-й вид повреждения). На 3 других блоках при силе травмирующего воздействия от 280 до 300 Н отмечен односторонний разрыв крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки — 2-й вид повреждения (рис. 2). Угол прилагаемого травмирующего воздействия во всех случаях составлял от 90 до 75° .

Из 4 случаев моделирования сгибательного механизма травмы в 3 констатирован двусторонний разрыв крыловидных связок в сочетании с повреждением поперечной связки — 3-й вид повреждения (рис. 3). Сила травмирующего воздействия составляла от 380 до 440 Н, угол его приложения — от 90 до 75° по отношению к вертикальной платформе.

При моделировании разгибательно-ротационного механизма травмы с силой воздействия от 200 до 220 Н и углом воздействия от 90 до 75° из 3 блоков на 2 получен односторонний разрыв крыловидной связки. Из 3 случаев моделирования раз-

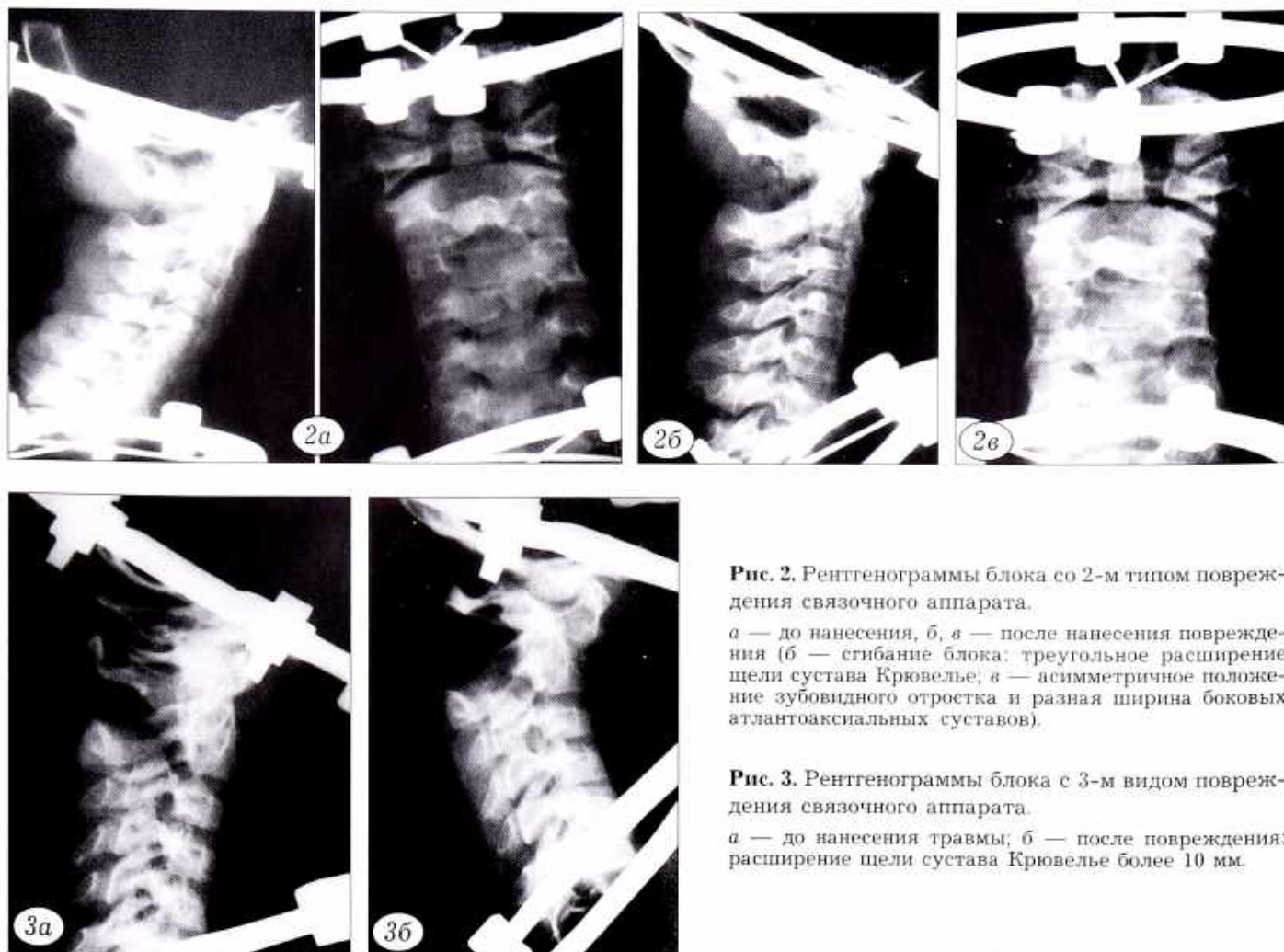


Рис. 2. Рентгенограммы блока со 2-м типом повреждения связочного аппарата.

а — до нанесения, б, в — после нанесения повреждения (б — сгибание блока: треугольное расширение щели сустава Крювелье; в — асимметричное положение зубовидного отростка и разная ширина боковых атлантоаксиальных суставов).

Рис. 3. Рентгенограммы блока с 3-м видом повреждения связочного аппарата.

а — до нанесения травмы; б — после повреждения: расширение щели сустава Крювелье более 10 мм.

гибательного механизма травмы повреждения связочных структур краниовертебрального сегмента не отмечено ни в одном.

Таким образом, в представленной части экспериментального исследования было выявлено три вида повреждений связочных структур краниовертебрального сегмента (рис. 4).

Необходимо сказать, что при ротации влево повреждалась правая крыловидная связка, а при ротации вправо — левая.

При измерении объема ротационных движений краниовертебральных блоков с повреждением связочного аппарата было установлено следующее. В случаях одностороннего повреждения крыловидной связки атлантаксиальная ротация в противоположную от поврежденной связки сторону увеличивалась в среднем на 13° . Ротационные движения в другую сторону оставались в том же объеме, что и до нанесения травмы. При одностороннем повреждении крыловидной связки в сочетании с разрывом поперечной связки объем ротационных движений в сторону, противоположную от разрыва крыловидной связки, возрастал на 17° , объем ротационных движений в другую сторону не ме-

нялся. У краниовертебральных блоков с двусторонним повреждением крыловидных связок и повреждением поперечной связки объем ротационных движений в обе стороны увеличивался по сравнению с исходным в среднем на 18° .

Рентгенологическое исследование показало, что у блоков с односторонним повреждением крыловидной связки при сгибании ширина щели сустава Крювелье не превышала 3 мм. На прямых рентгенограммах отмечалось асимметричное положение зубовидного отростка С2 по отношению к боковым массам атланта, зубовидный отросток смещался в сторону неповрежденной крыловидной связки. В случаях с односторонним повреждением крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки при сгибании блоков щель сустава Крювелье расширялась до 6 мм. На прямых рентгенограммах определялось смещение зубовидного отростка С2 в сторону неповрежденной крыловидной связки (см. рис. 2). У блоков с двусторонним повреждением крыловидных связок в сочетании с разрывом поперечной связки при сгибании щель сустава Крювелье превышала 6 мм (см. рис. 3).

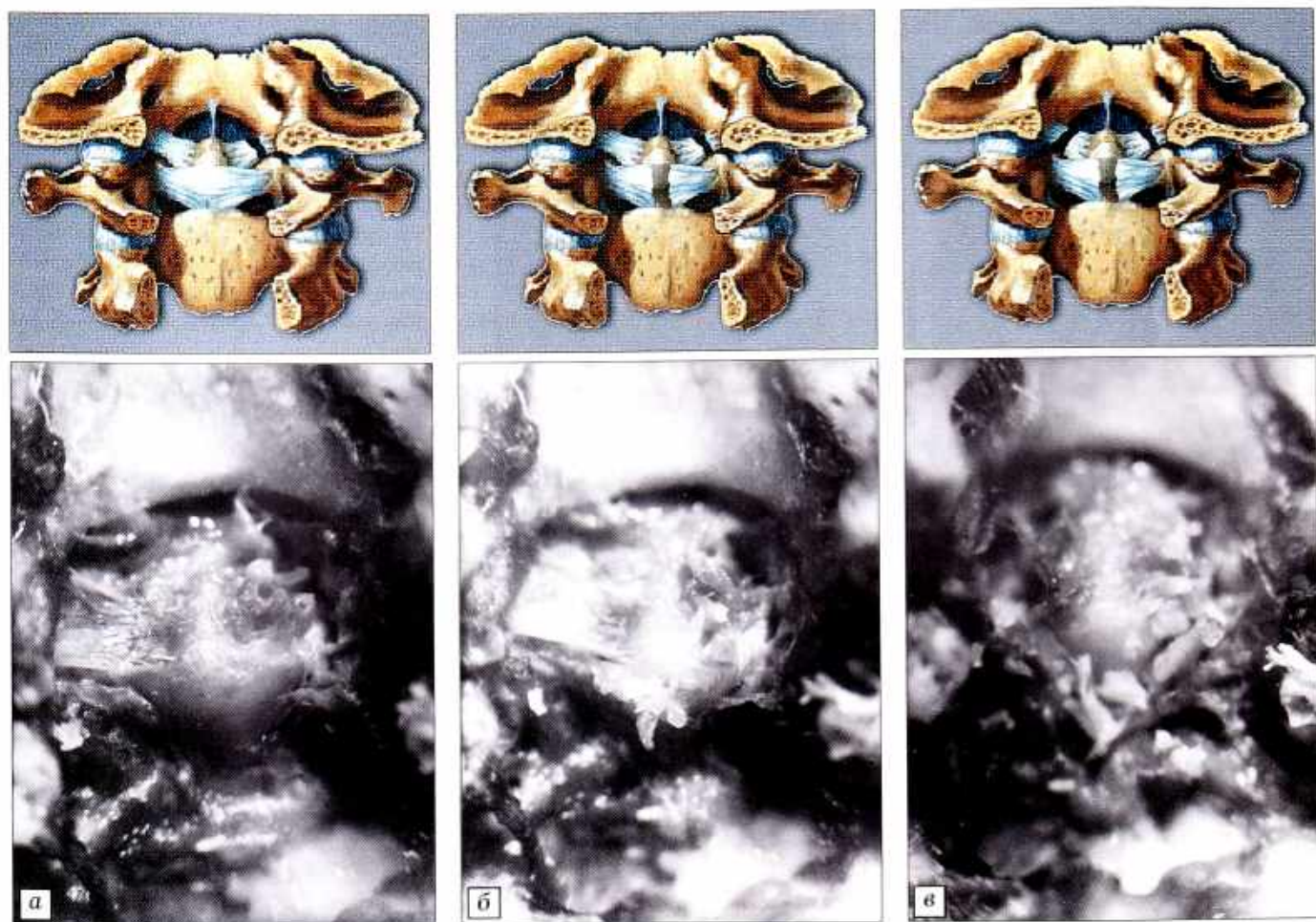


Рис. 4. Виды повреждения связочного аппарата верхнешейного отдела позвоночника.

а — 1-й вид (одностороннее повреждение крыловидной связки); б — 2-й вид (одностороннее повреждение крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки); в — 3-й вид (двустороннее повреждение крыловидных связок в сочетании с повреждением поперечной связки).

Как показывает анализ литературы, вопросы о влиянии повреждений связочного аппарата верхнешейного отдела позвоночника на кровоток по позвоночным артериям, механизме компрессии позвоночных артерий, локализации сдавления и его выраженности остаются нерешенными. Учитывая это, мы провели серию экспериментов по изучению влияния повреждений связочного аппарата на кровоток по позвоночным артериям.

На 6 краниовертебральных блоках выделяли и перевязывали позвоночные артерии на уровне впадения в полость черепа и на уровне нижнешейных позвонков. Артерии пунктировали и вводили в них майодил под давлением до тугого заполнения. После этого производили рентгенографию блоков в прямой и боковой проекциях в среднем положении атлантоаксиального сегмента, а также при его максимальной ротации вправо и влево. Изменения просвета позвоночных артерий при этом выявлено не было. Затем пересекли на 2 блоках крыловидную связку с одной стороны, на 2 — крыловидную связку с одной стороны и поперечную связку и на 2 — крыловидные связки с двух сторон и поперечную связку. Вновь проводили рентгенографию.

На обоих блоках с односторонним повреждением крыловидной связки при ротации атлантоакси-

ального сегмента в противоположную от повреждения сторону на стороне пересечения связки отчетливо определялось сужение просвета позвоночной артерии, максимально выраженное на уровне поперечного отростка атланта. При ротации в другую сторону сужения просвета сосуда не наблюдалось. На блоках с односторонним повреждением крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки при ротации атлантоаксиального сегмента в противоположную от рассеченной крыловидной связки сторону выявлялось сдавление позвоночной артерии на стороне повреждения, максимально выраженное на уровне прохождения артерии через одноименное отверстие в поперечном отростке атланта. При ротации в другую сторону изменения просвета сосуда не отмечалось. На препаратах с повреждением поперечной связки и крыловидных связок с двух сторон отчетливо визуализировалось сужение просвета правой позвоночной артерии при ротации влево и левой артерии при ротации вправо.

Таким образом, повреждение крыловидной связки с одной стороны приводит к нестабильности атлантоаксиального сегмента. При ротации в противоположную от повреждения сторону атлант избыточно ротируется за счет несостоятельности

крыловидной связки и натягивает позвоночную артерию, что приводит к сужению ее просвета, особенно на уровне отверстия в поперечном отростке атланта (рис. 5). Объем ротационных движений в другую сторону остается нормальным за счет целостности другой крыловидной связки, поэтому сдавления сосуда не происходит. То же имеет место при одностороннем повреждении крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки. При двустороннем повреждении крыловидных связок и поперечной связки выраженная нестабильность атлантоаксиального сегмента приводит к избыточной ротации атланта в обе стороны и сдавлению обеих позвоночных артерий. Разумеется, на блоках стенки позвоночных артерий находятся не в тонусе, поэтому легко сдавливаются. У живого человека к перерастяжению артерии присоединяется рефлекторный спазм в ответ на раздражение периаартериального симпатического сплетения.

ВЫВОДЫ

1. Основная стабилизирующая роль в краниовертебральном сег-

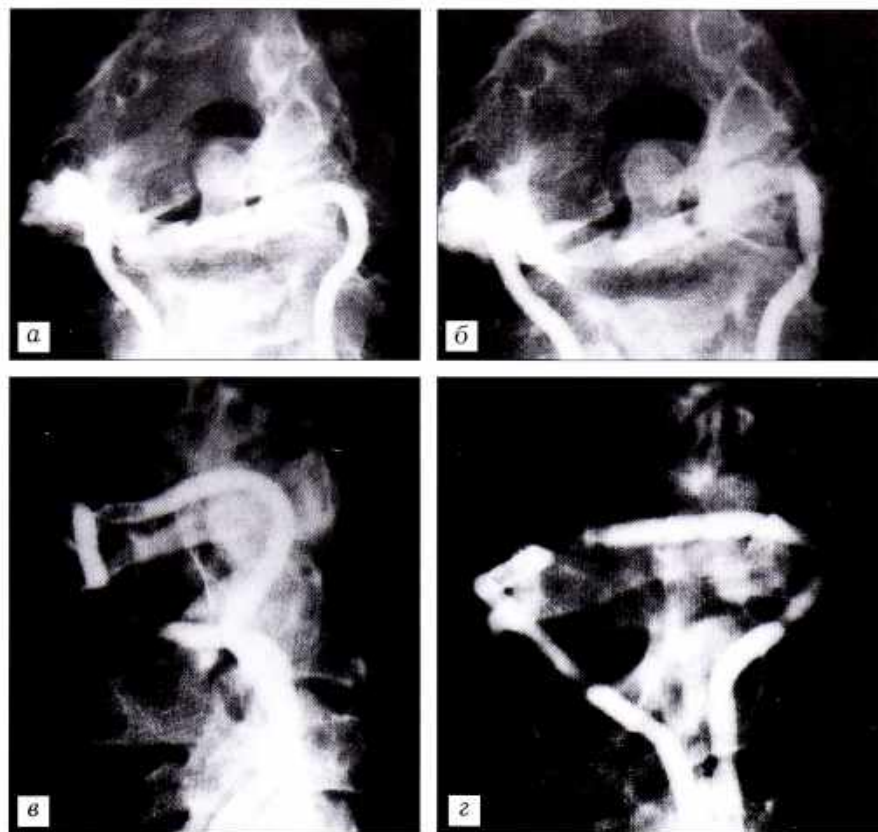


Рис. 5. Моделирование динамической компрессии позвоночной артерии при одностороннем повреждении правой крыловидной связки.

а — рентгенограмма в прямой проекции до повреждения, б — после повреждения: слева определяется сдавление позвоночной артерии на уровне атлантоаксиального сустава; в — рентгенограмма в боковой проекции до повреждения, г — после повреждения: виден участок сдавления позвоночной артерии.

менте принадлежит крыловидным и поперечной связкам. При сгибательно-ротационном, разгибательно-ротационном и сгибательном механизме травмы могут происходить различные по объему повреждения связочного аппарата.

2. По данным экспериментального исследования, могут наблюдаться три вида повреждения связочных структур верхнешейного отдела позвоночника: 1) одностороннее повреждение крыловидной связки; 2) одностороннее повреждение крыловидной связки в сочетании с повреждением поперечной связки; 3) двустороннее повреждение крыловидных связок в сочетании с повреждением поперечной связки.

3. При повреждении связочных структур верхнешейного отдела позвоночника развивается нестабильность данного отдела, особенно атлантоаксиального сочленения, что приводит к динамическому сдавлению позвоночных артерий при ротации атлантоаксиального сегмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцева Р.А., Чудновский К.А. // Арх. анат. — 1983. — Т. 84, Вып. 3. — С. 70–79.
2. Казуцкий В.М. // Ортопед. травматол. — 1988. — N 1. — С. 42–44.
3. Dvorak J., Panjabi H.B. // Spine. — 1987. — Vol. 12. — P. 197–205.
4. Dvorak J., Schneider E., Saldinger P.F. // J. Orthop. Res. — 1988. — N 6. — P. 452–461.

© Коллектив авторов, 2004

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АКТИВНОГО РАЗГИБАНИЯ ПРЕДПЛЕЧЬЯ У БОЛЬНЫХ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА СПИННОГО МОЗГА НА УРОВНЕ C5–6 ПОЗВОНКОВ

В.Г. Голубев¹, А.В. Басков², И.Ю. Лисицкий¹, М.В. Боев², Х.И. Мершед²

¹Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова,

²Городская клиническая больница № 19, Москва

Представлен первый опыт авторов в использовании транспозиции двуглавой мышцы плеча на трехглавую через медиальный край плеча с целью восстановления активного разгибания предплечья в локтевом суставе у больных с последствиями травм шейного отдела спинного мозга на уровне C5–6 позвонков. Оперативное вмешательство выполнено 5 пациентам на 7 верхних конечностях. В сроки от 2 до 6 мес прослежены 4 больных (6 оперированных конечностей): в 4 случаях получен хороший, в 2 — удовлетворительный функциональный результат.

Surgical reconstruction of upper extremity function in patients with high tetraplegia is presented. Five patients with sequelae of cervical spinal cord injury at C5–C6 level were operated on. Seven reconstructive operations were performed. Surgery consists of m. biceps brachii transposition to m. triceps brachii through the medial end of the humerus. First clinical experience is discussed.

Восстановление двигательной активности верхней конечности у больных с последствиями травм шейного отдела спинного мозга является неотъемлемой частью их реабилитации. За рубежом с середины прошлого века ведется разработка оперативных методов воссоздания функции верхней конечности у пациентов с тетраплегией. В нашей стране должного внимания этой проблеме не уделялось, полноценной системы реабилитации верхней конечности при последствиях травм шейного отдела позвоночника не существует.

У больных с повреждениями спинного мозга на уровне C5–6, относящихся по Международной классификации Хирургии кисти при тетраплегии (International Classification for Surgery of the Hand in Tetraplegia — ICT) к группам O/Cu 1–4, отсутствует активное разгибание предплечья в локте-

вом суставе (табл. 1). Восстановление его является основополагающим этапом хирургической реконструкции функции верхней конечности при тетраплегии: больные получают возможность самостоятельно приподниматься в кровати и перемещать туловище, толкать колеса кресла-каталки, надежно манипулировать верхней конечностью в пространстве и брать предметы, находящиеся выше уровня надплечья, что существенно улучшает качество жизни. Ряд авторов [2, 3, 5, 6, 7, 9–11, 13–18] настоятельно рекомендуют начинать оперативное восстановление функций верхней конечности с реконструкции разгибания предплечья, что позволяет стабилизировать локтевой сустав и устранить его сгибательно-супинационную деформацию перед последующими хирургическими вмешательствами.