

И.В. Есин, А.М. Киселев, П.В. Кротенков

БИОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ ПОВРЕЖДЕНИЙ АТЛАНТА**Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского (Москва)**

Нами проведено лечение 31 пациента с различными повреждениями атланта, пролеченных в нейрохирургическом отделении МОНИКИ и больницах Московской области с 2000 по 2005 гг. На основании анализа результатов проведенного обследования с применением рентгенографии и компьютерной томографии с учетом биомеханики этого сегмента позвоночника было выделено три типа перелома атланта. Дифференцированный подход к лечению этого повреждения позволил оптимизировать методики коррекции с учетом нестабильности и патобиомеханических изменений.

Ключевые слова: атлант, биомеханика, лечение

BIOMECHANICAL APPROACH TO TREATMENT OF ATLAS INJURIES

I.V. Yesin, A.M. Kiseliyov, P.V. Krotenkov

Moscow Regional Scientific-Research Clinical Institute named after M.F. Vladimirovskiy, Moscow

We treated 31 patients with different injuries of atlas treated in department of neurosurgery of Moscow Scientific-Research Clinical Institute from 2000 to 2005. Basing on the analysis of clinical outcomes, radiological data and biomechanics of this spinal segment, we detected three types of fracture of the atlas. The differential approach to the treatment of atlas fractures has allowed us to optimize correction techniques considering existing instability and pathobiomechanical changes.

Key words: atlas, biomechanics, treatment

Повреждения атланта сопровождаются нестабильностью атланта-аксиального отдела позвоночника. Определение степени нестабильности принципиально важно для понимания патогенеза перелома и выработки тактики лечения.

В 1920 г. G. Jefferson описал 4 наблюдения переломов атланта — 2 клинических и 2 музейных образца. Позднее G. Jefferson [17, 18] дополнил описание механизма, указав, что при этом повреждении боковые массы выдавливаются в стороны, и происходит разрыв поперечной связки «под растяжением». Подобные повреждения вошли в литературу как «переломы Джефферсона». В оценке их стабильности имеются существенные противоречия. Так, E.S. Staffer и др. [23] определяют указанные переломы как стабильные. В то же время еще сам G. Jefferson [17] отметил одновременно разрыв поперечной связки атланта, а по Jacobson и др. [16] смещение кнаружи даже одной боковой массы сопровождается разрывом кольца I-го шейного позвонка. J. Hinghey et al. [15] определяют этот перелом как декомпрессионный по отношению к спинному мозгу. Между тем при этом существует опасность спинномозговой травмы вследствие внедрения зубовидного отростка в большое затылочное отверстие [2, 3, 5, 6, 8, 9, 13]. Landellis et al. [19] предложили классификацию с тремя типами. Перелом I типа ограничен или задней или передней дугой и не пересекает экватор атланта. II тип перелома включает обе дуги и распространяется на экватор атланта. Этот тип включает классический перелом Джефферсона с четырьмя отломками. III тип перелома сопровожда-

ется, прежде всего, повреждением боковой массы с возможной экстензией одной дуги [20].

A.M. Levine et al. [21] определили три типа, основанные на механизме повреждения и положении головы во время повреждения. Первая подгруппа, тип I, включают задние переломы дуги, вызванные осевой нагрузкой и экстензией. Как правило, при этом переломе встречается двусторонний перелом заднего полукольца.

Во II типе повреждения, переломы боковой массы встречаются с линиями перелома, проходящей спереди и сзади от вовлеченной боковой массы, которые, в сущности, изолируют или разъединяют одну боковую массу. Если происходит дальнейшая экстензия, то выявляется связанный перелом задней дуги.

III тип перелома состоит из перелома взрыва или перелома Джефферсона, вследствие осевого сжатия.

J.A. Gehweiler et al. [12] описали пять типов: перелом передней дуги, перелом задней дуги, перелом боковой массы, растрескивающийся перелом Jefferson и перелом реберно-поперечного отростка.

Однако все эти классификации имеют лишь описательный характер и не отражают патобиомеханические изменения, в связи с чем, их затруднительно применять для выработки алгоритма лечения перелома атланта [3, 4, 5, 10].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить патобиомеханику повреждений атланта и обосновать методологию лечения его повреждений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами проведено лечение 31 пациента с различными повреждениями атланта, пролеченных в нейрохирургическом отделении МОНИКИ и больницах Московской области с 2000 по 2005 гг. Среди них 17 мужчин, 14 женщин. Возраст больных от 17 до 48 лет. У всех больных клиническая картина была представлена болевым синдромом в подзатылочной области, который усиливается при вертикальной нагрузке. У 8 человек выявлялся синдром позвоночной артерии.

Для выработки алгоритма лечения больных с этой травмой, мы провели исследование биомеханики краниовертебральной области на основе анализа анатомии этого отдела, клинических данных и рентгенологического обследования с учетом данных литературы. При обследовании использовалась рентгенография и компьютерная томография. Проводился анализ полученных результатов обследования с учетом распределения внешних сил, на основе которых оценивалась степень нестабильности повреждения. Патобиомеханическое распределение сил в условиях повреждения атланта оценивалось путем компьютерного моделирования.

Учитывая, что атлант зажат между головой и аксисом, результирующая сил, действующих на него, направлена на разрыв кольца C_1 [3, 4, 10]. При этом силы, направленные на уменьшение внешних сил, передаются по всему кольцу позвонка и на усиливающую кольцо поперечную связку, равномерно распределяясь. Связка является достаточно мощной структурой, обладающей малым коэффициентом растяжения [3]. В связи с этим, она усиливает переднее полукольцо, препятствуя расхождению боковых масс. Ряд исследователей отмечает, что для повреждения поперечной связки необходимо расхождение боковых масс атланта на 6,7 мм [1, 5, 14, 19, 21]. Однако экспериментальные исследования А.А. Луцка с соавторами выявили, что и меньшее их расхождение приводит к повреждению поперечной связки [3].

Поперечная связка меняет напряженность при поворотах головы, флексии, латерофлексии. Поворот головы осуществляется за счет ротации атланта относительно зубовидного отростка C_2 позвонка. В связи с фиксацией поперечной связки к зубовидному отростку при повороте происходит ее скручивание, вызывая различное по направлению напряжение латеральных порций связки. В норме капсулярный аппарат верхних и нижних суставов боковых масс не нагружен, что позволяет осуществлять передне-задние движения в этих суставах. Их напряжение вызывает рефлекторный спазм тонической мускулатуры [3, 7, 9, 10, 11, 14, 22]. На рисунке 1 представлено распределение сил, действующих на атлант, в норме.

Повреждение атланта вызывается вертикальной нагрузкой, которая, распределяясь по кольцу атланта и поперечной связке, направлена на разрыв. В дальнейшем, после прекращения повреждающей силы, определяющей локализацию линии

перелома, степень нестабильности определяется сохраненными опорными структурами, на которые воздействуют вторичные силы со стороны силы тяжести и тонического напряжения мышц, прикрепленных к отломкам.

При повреждении задней дуги атланта (1) (рис. 1) происходит перераспределение сил, противостоящих расхождению латеральных масс. Возрастает напряжение поперечной связки и передней дуги атланта. Однако сохраняются точки приложения сил, препятствующих расхождению боковых масс позвонка. Вследствие прочности поперечной связки структура сохраняет способность противостоять внешним усилиям. В связи с этим повреждение задних структур является достаточно стабильным для поддержания функциональности комплекса (рис. 2).

При локализации повреждения атланта в области передней дуги вентральное место крепления поперечной связки (2) (рис. 1) сохраняется связь между нагруженной боковой массой и связкой. Формируется новая точка фиксации в месте прикрепления поперечной связки. Наружное смещение боковой массы под действием внешних сил по закону рычагов передается смещением другого конца отломка кнутри вокруг новой точки фиксации. Расхождению отломков препятствует поперечная связка, которая передает на противоположную сторону передней дуги атланта силу, направленную по направлению смещения отломка с боковой массой (рис. 2). Таким образом, при неподвижной голове сила воздействия компенсируется. При движении головы происходит перераспределение сил. При флексии и ротации с увеличением напряжения поперечной связки возможно смещение дорсального отломка кнутри, а вентрального — кнаружи. При лате-

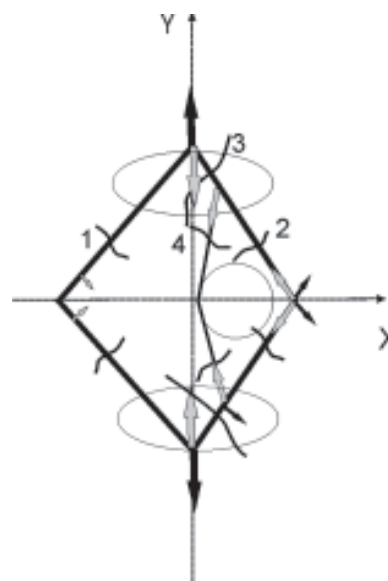


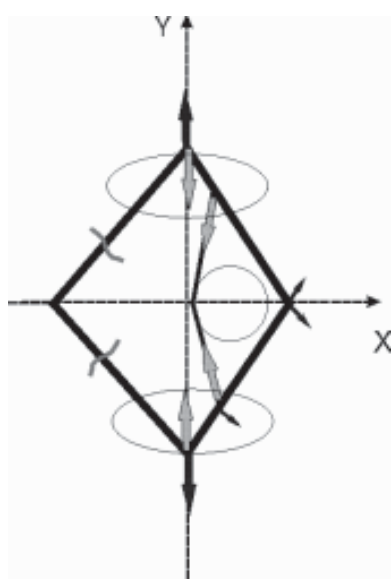
Рис. 1. Схема действия сил на кольцо атланта в норме. Расположение возможных повреждений кольца атланта.

рофлексии происходит неравномерное воздействие на отломки, что приводит к их патологической подвижности: при латерофлексии в гомолатеральную сторону происходит смещение дорсального отломка кнутри под действием напряженной поперечной связки, либо угловая деформация зоны повреждения кнутри. При латерофлексии в контралатеральную сторону появляется угловая деформация зоны повреждения кнаружи. Вследствие этого данное повреждение для формирования благоприятных условий консолидации требует надежную фиксацию в нейтральном положении головы (рис. 3).

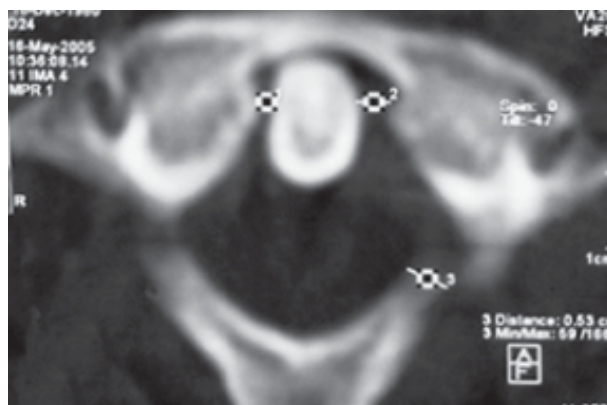
При повреждении передней дуги атланта в месте между боковой массой и точкой прикрепления поперечной связки (3) (рис. 1) происходит нарушение распределения внешних сил на пере-

дную дугу атланта и на поперечную связку со стороны повреждения. В связи с этим резко возрастает напряжение задней дуги атланта, которая является намного менее мощной, чем передняя дуга, усиленная поперечной связкой. В результате этого происходит расхождение боковых масс (рис. 4). При продолжении воздействия внешних сил задняя дуга повреждается, часть сил перераспределяется на капсулярные связки. Этот тип перелома является внутрисуставным, так как проходит через боковую массу. Возникшее перераспределение усилий не может препятствовать расхождению боковых масс. В результате изменившихся условий происходит:

- проседание головы относительно C_2 , что может привести к вклинению зубовидного отростка в большое затылочное отверстие;

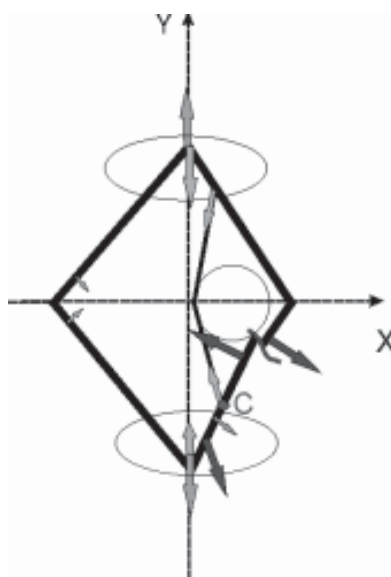


а

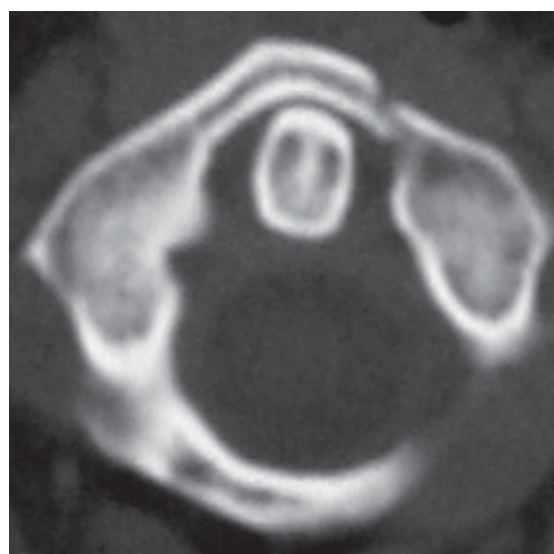


б

Рис. 2. а – схема перелома заднего полукольца (2); б – КТ, клинический пример.



а



б

Рис. 3. Распределение сил при переломе переднего полукольца атланта вентральнее места прикрепления поперечной связки (2): а – схема, б – КТ, клинический пример.

- вовлечение в патологический процесс окружающих магистральных сосудов с нарушением в них кровотока;

- натяжение капсулярного аппарата, что вызывает рефлекторное сокращение тонической мускулатуры, которая с одной стороны фиксирует поврежденный отдел, а с другой увеличивает внешнюю силу воздействия на атлант, что приводит к прогрессированию смещения и запуску «порочного круга».

Таким образом, подобный вариант повреждения приводит к нестабильности и требует устранения деформации. Для устранения расхождения боковых масс необходимо компенсировать внешнюю силу путем тракции поврежденного сегмента по оси тела за голову.

В нейтральном положении поперечная связка ограничивает смещение атланта кпереди под воздействием силы тяжести головы и действием мышц, прикрепленных к передней дуге атланта. При повреждении поперечной связки и сохранении кольца атланта (4) (рис. 1) формируются условия, называемые ротационным подвывихом атланта, описанном выше. При этом нарушается организация флекссионных и ротационных движений, латерофлексии, так как исчезает точка фиксации поперечной связки. При флекссии сила напряжения поперечной связки будет направлена в сторону неповрежденной связки, что формирует ротационный компонент, передающий усилия на капсулярные структуры атланта-дентального сустава и боковой гомолатеральный сустав. Напряжение

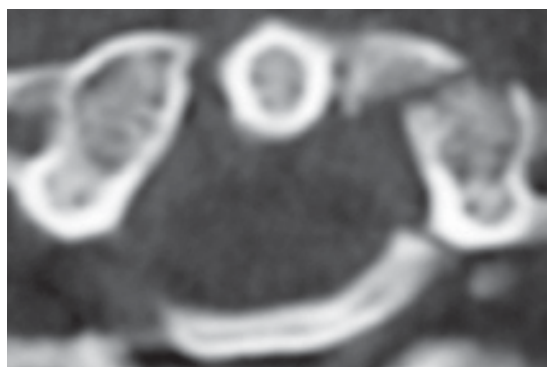
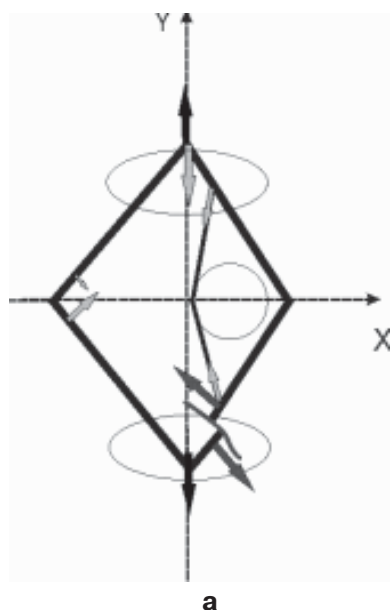


Рис. 4. Распределение сил при переломе послесвязочной части переднего полукольца атланта (3), **а** – схема, **б** – КТ, клинический пример.

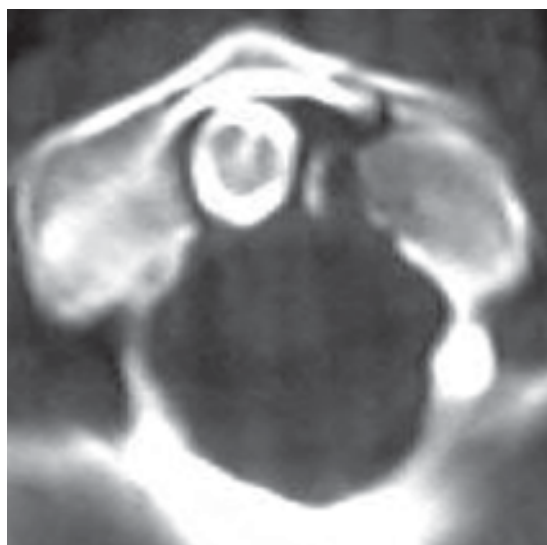
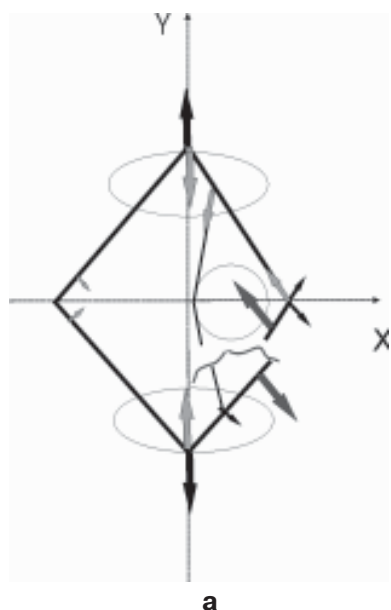


Рис. 5. Сочетанное повреждение переднего полукольца атланта с повреждением поперечной связки: **а** – схема, **б** – КТ, клинический пример.

капсулярного аппарата вызывает мышечную фиксацию этого отдела, что при хроническом раздражении формирует патологический очаг, клинически проявляющий себя болевым синдромом и нарушением кровотока по магистральным сосудам, проходящим в этом отделе. Для создания оптимальных условий восстановления нормальных биомеханических взаимодействий при лечении этого повреждения необходимо создать неподвижность двигательного сегмента в положении небольшой экстензии атланта.

Изолированное повреждение кольца атланта встречается редко. Как правило, атлант повреждается в нескольких плоскостях. Типичным вариантом повреждения является взрывной перелом Джефферсона. Рассмотрим комбинированные повреждения атланта.

При двухстороннем повреждении предсвязочной части (2–2) (рис. 1) под действием мышц, прикрепляющихся к передней бугристости атланта, происходит флексия вентрального отломка, что приводит к расхождению линий переломов. При этом повреждении расхождение боковых масс атланта не происходит за счет удержания отломков поперечной связкой, однако любые движения в этом сегменте приводят к подвижности отломков. Таким образом, для консолидации перелома необходимо обеспечить неподвижность сегмента.

При сочетании перелома предсвязочной части передней дуги (2) с повреждением поперечной связки (4) формируются условия, схожие с переломом послесвязочной части передней дуги (рис. 1). В связи с этим, подходы к лечению подобных повреждений схожи с подходами при переломе типа (3) (рис. 5).

Любое сочетание переломов при наличии повреждения послесвязочной части передней дуги определяет подход к лечению данного повреждения, как при изолированном повреждении послесвязочной части передней дуги (3), обращая внимание на то, что каждое дополнительное повреждение кольца атланта вызывает дополнительную нестабильность и требует индивидуальных подходов с учетом направления действующих вторичных сил, вызывающих дополнительное смещение.

При различных повреждениях кольца атланта наличие повреждения задней дуги атланта не изменяют распределение сил по направлению и точке приложения, однако усиливают нестабильность травмы, увеличивая нагрузку на несущие структуры. Так отделение боковой массы от кольца атланта (перелом типа 1–3) приводит к изолированному смещению поврежденной боковой массы, более значительному, чем при изолированном повреждении типа (3), перенося основную часть нагрузки, приложенной к этой боковой массе на капсулярные связки.

Анализируя патобиомеханические изменения при повреждении атланта, мы выделили три типа повреждений. В зависимости от степени нестабильности методики лечения должны обеспечивать надежную иммобилизацию на требуемый для консо-

лидации перелома срок, а также разгрузить атлант от вертикальной нагрузки для обеспечения сопоставления отломков при нестабильном переломе.

К первому типу повреждения — стабильные повреждения — отнесли повреждения атланта без нарушения кольца и изолированные повреждения задней дуги атланта. Этой группе больных проводили наружную иммобилизацию шейного отдела воротником жесткой фиксации.

Больных, у которых диагностировались повреждения атланта в области передней дуги вентральное места крепления поперечной связки при сохранной поперечной связке с или без повреждения задней дуги, отнесли к типу нейтрально-стабильных (тип II) повреждений первого позвонка. При данном типе повреждения основным критерием считали наличие линии перелома передней дуги с или без повреждения задней дуги при отсутствии расхождения боковых масс. Основным методом лечения данной группы считали наружную иммобилизацию воротником жесткой фиксации.

К III типу — нестабильным повреждениям — относили больных с типичным переломом Джефферсона с расхождением боковых масс вследствие повреждения связки Ингенмарка или изолированным отрывом боковой массы. Данной группе больных проводилось дозированная тракция головы с использованием Halo-аппарата.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ближайшие и отдаленные результаты лечения повреждений атланта прослеживались нами от 1 до 4 лет. Оценка результатов производилась с использованием анализа динамики результатов неврологического, клинического, рентгенологического обследования, КТ и МРТ томографии. Оценивались дни госпитализации и нетрудоспособности пролеченных больных.

I тип повреждения диагностирован в 8 случаях. В 7 случаях получен изолированный перелом задней дуги атланта, в одном — отрыв бугристости передней дуги атланта без повреждения костного кольца. Этой группе больных проводили наружную иммобилизацию шейного отдела воротником жесткой фиксации в течение двух месяцев. Во всех случаях получено полное выздоровление. Средний срок нетрудоспособности составил 13 недель.

Нами наблюдалось 6 случаев нейтрально-стабильных повреждений атланта II типа. Во всех случаях выявлен перелом передней дуги атланта с одной стороны выше точки прикрепления поперечной связки с или без повреждения задней дуги и без расхождения боковых масс. Выполнялась наружная иммобилизация воротником жесткой фиксации на срок до 12–17 недель под контролем компьютерной томографии с последующим реабилитационным лечением. В этой группе также было получено полное выздоровление с купированием болевого синдрома. Средний срок нетрудоспособности составил 16 недель.

С III типом повреждения наблюдалось 17 больных. У больных при рентгенографическом исследовании

Результаты лечения больных с переломом атланта

Метод лечения	Тип повреждения			Результаты лечения			Нетрудоспособ., нед.*	Срок консолидации, мес.*
	I	II	III	хор.	удовл.	неудов.		
Консервативный	8	6	1	10	4	1***	13,2	2,3
Halo-аппарат	—	—	16	11	5	—	17,6	3,9

Примечание: * — представлены у больных с хорошими и удовлетворительными результатами лечения; ** — отмечался у больного с III типом перелома атланта.

довании выявлялось расхождение боковых масс атланта. Во всех случаях для уточнения диагноза выполнялось КТ-исследование краниовертебральной области. У 12 больных выявлен типичный перелом Джефферсона с повреждением дужек с обеих сторон. В 3 случаях выявлено одностороннее повреждение атланта с вовлечением передней и задней дуги. У 2 пациентов выявлен односторонний перелом передней и задней дуги атланта выше места крепления поперечной связки в сочетании с повреждением поперечной связки.

У 16 больных с этим типом перелома атланта проводилась дозированная тракция головы с использованием Halo-аппарата под контролем рентгенографии и КТ головного мозга до 2–2,5 месяцев, с последующей иммобилизацией шейного отдела позвоночника воротником жесткой фиксации до 3–5 месяцев. После подтверждения консолидации повреждения на компьютерной томографии проводилось реабилитационное лечение. Средний срок нетрудоспособности составил 17 недель. Все больные выздоровели. У 2 больных при иммобилизации с использованием Halo-аппарата отмечались срывы шпилек аппарата, что было устранено амбулаторно под контролем Р-графии.

В одном случае вследствие отказа больного от использования Halo-аппарата проводилась иммобилизация верхнешейного отдела с использованием воротника жесткой фиксации. В этом случае при контрольном обследовании через 4 месяца отмечалось расхождение боковых масс атланта, отсутствие признаков консолидации перелома на КТ исследовании. По истечении 8 месяцев иммобилизации у больной наступила консолидация перелома, при этом в клинической картине сохранялся болевой, миофасциальный синдром, периодически отмечался синдром вертебробазилярной недостаточности в виде несистемного головокружения, фотопсии, координационных нарушений. Вследствие сохранения болевого синдрома и симптоматики вертебрально-базилярной недостаточности больная находится на инвалидности 3 группы (табл. 1).

Таким образом, патобиомеханический принцип выбора метода лечения больных с повреждением атланта определяет хороший исход лечения этой патологии. В зависимости от степени нестабильности можно выделить три типа повреждения, которые определяют срок и метод иммобилизации поврежденного сегмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабкин А. В. Диагностика и лечение повреждений верхнешейных позвонков: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. — Минск, 1997. — 26 с.
2. Ветрилэ С.Т. Применение гало-аппарата при повреждениях и заболеваниях шейного отдела позвоночника / С.Т. Ветрилэ, С.В. Колесов // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. — 1996. — № 3 — С. 31–35.
3. Луцик А.А. Краниовертебральные повреждения и заболевания / А.А. Луцик, И.К. Раткин, М.Н. Никитин. — Новосибирск, 1998. — 143 с.
4. Никитин М.Н. Повреждения I–II шейных позвонков: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. — М., 1984. — 46 с.
5. Рамих Э.А. Повреждения верхнего шейного отдела позвоночника: Диагностика, классификация, особенности лечения / Э.А. Рамих // Хирургия позвоночника. — 2004. — № 3. — С. 8–19.
6. Раткин И.К. Застарелые осложненные дислокации атланта. Диагностика и хирургическое лечение: Автореф. дис. ... докт. мед. наук. — Новокузнецк, 1995. — 39 с.
7. Синельников Р.Д. Атлас анатомии человека / Р.Д. Синельников. — М., 1972. — 128 с.
8. Хирургическое лечение травматических повреждений верхнешейного отдела позвоночника / Ю.А. Щулев, В.Н. Бикмуллин, В.В. Степаненко и др. // Материалы III съезда нейрохирургов России. — СПб., 2002. — С. 227–228.
9. Biomechanics of the cervicocranial region: the alar and transverse ligaments / J. Dvorak, E. Shneider, P. Saldinger et al. // J. Orthop. — 1988. — Vol. 6. — P. 452–461.
10. Cotler J.M. Surgery of spinal trauma / J.M. Cotler, J.M. Simpson. — 2000. — 248 p.
11. Dvorak J. Functional anatomy of the alar ligaments / J. Dvorak, M.M. Panjabi // Spine. — 1987. — Vol. 12. — P. 183–189.
12. Gehweiler J.A. The radiology of vertebral trauma / J.A. Gehweiler, R.L. Osborne, R.F. Becker // In monographs in clinical radiology. — Philadelphia, 1980. — P. 16.
13. Gelehrter G. Über die Verhältnisse am Wirbelkanal bei Verrenkungen des Atlas nach Vome / G. Gelehrter // Zbl. Chir. — 1962. — H. 9. — S. 374–375.
14. Heller J.G. Jefferson fractures: the role of magnification artifact in assessing transverse ligament integrity / J.G. Heller, S. Viroslav,

T. Hudson // J. Spinal Disord. — 1993. — Vol. 6. — P. 392—396.

15. Hinghey J. Fracture of the Atlas. Review and Presentation of Data on Eight Cases / J. Hinghey, W.H. Bickel // Ann. Surg. — 1945. — Vol. 121. — P. 826—832.

16. Jacobson G. Pseudosubluxation of the axis in children / G. Jacobson, H.H. Bleecker // Am. J. Roentgen. Radiurri Ther. Nucl. Med. — 1959. — Vol. 82, N 3. — P. 472—481.

17. Jefferson G. Fracture of the Atlas Vertebra. Report of Four Cases, and a Review of Those Previously Recorded / G. Jefferson // Brit. J. Surg. — 1920. — Vol. 7, N 27. — P. 407—422.

18. Jefferson G. Remarks on fractures of the first cervical vertebra / G. Jefferson // Selected papers. — London, 1960. — P. 213—231.

19. Landellis C.D. Fractures of the atlas: classification treatment and morbidity / C.D. Landellis, R.K. Van Peterghem // Spine. — 1988. — Vol. 13. — P. 450—452.

20. Lee T.T. Treatment of stable burs fracture of the atlas (Jafferson fracture) with rigid cervical collar / T.T. Lee, B.A. Green, D.R. Petrin // Spine. — 1988. — Vol. 13. — P. 1963—1967.

21. Levine A.M. Fracture of atlas / A.M. Levine, C.C. Edwards // J. Bone Joint Surg. Am. — 1991. — Vol. 73. — P. 680—691.

22. Segal B. Non union of fractures of the atlas / B. Segal, J.O. Grimm, S.E. Stauffer // J. Bone Joint Surg. Am. — 1970. — Vol. 52. — P. 1017—1024.

23. Stauffer E.S. Surgical Stabilization of the Cervical Spine after trauma / E.S. Stauffer, M.E. Rhoades // Arch. Surg. — 1976. — Vol. 111, N 6. — P. 646—651.