

© A.M.Kiselev, V.N.Lavrov, P.V.Krotenkov, I.V.Esin, 2007

**А.М.Киселев, В.Н.Лавров, П.В.Кротенков\*, И.В.Есин\***  
**ПАТОБИОМЕХАНИКА СПОНДИЛИТОВ КРАНИОВЕРТЕБРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ**

НИИ фтизиопульмонологии ММА им. И.М. Сеченова

\*Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского  
Москва, Россия**АБСТРАКТ**

Для выработки методик лечения спондилитов краниовертебральной области (КВО) целесообразно основываться не только на морфологических, но и биомеханических изменениях. На основе биомеханической концепции Denis, нами предложена трехстолбовая модель КВО, отражающая биомеханические процессы при воспалении, вызванные силами тонического состояния мышц и консольным расположением головы. Предложенная патобиомеханическая модель позволяет выработать тактику хирургического лечения основанную на восстановлении опорных столбов КВО.

**Ключевые слова:**

спондилиты краниовертебральной области, биомеханика, комбинированный спондилодез

**Введение**

Спондилиты краниовертебральной области (КВО) встречаются в 3-4% случаев аналогичных поражений позвоночника [2, 5, 6, 8, 10]. Анатомическая сложность области поражения являются причиной высокой летальности, которая составляет около 25%, что обусловлено вовлечением в процесс верхней шейной части спинного мозга, продолговатого мозга и магистральных сосудов головного мозга [1-3, 7, 9]. Важной особенностью воспалительных процессов КВО является особое изменение биомеханики данного сегмента, что определяет выбор метода хирургического вмешательства и его исход. В данной работе нами описаны патобиомеханические изменения КВО при спондилитах, определяющие тактику хирургического лечения.

**Материалы и методы**

Исходя из литературных данных и наших исследований, следует отметить, что во всех случаях поражения спинного мозга на этом уровне клиническая картина определялась передним сдавлением спинного мозга с флекссионным подвывихом атланта. Это можно объяснить тем, что верхний шейный отдел испытывает статико-динамическое напряжение, определяемое воздействием массы головы и мышечного напряжения. Развивается наибольший сдвигающий момент в вышележащем отделе позвоночника, в то время как на уровне поврежденного сегмента направление сдвигающего момента изменяется на обратное. Целостность лигаментарного комплекса краниовертебрального отдела имеет ведущее значение. Это ведет к подвывиху С1 и к транслокации зубовидного отростка в большое затылочное отверстие, вызывая угрозу сдавления спинного и продолговатого мозга. Таким образом, при воспалительных поражениях КВО, передняя дислокация обусловлена силами напряжения, которые вызваны сокращением тонической мускулатуры и консольного расположения головы.

Позвоночный канал на уровне повреждения между задне-краниальным отделом тела нижележащего позвонка и внутренним краем дужки дислоцированного позвонка уменьшается на 1/3. Образуется грубая дефор-

мация позвоночных артерий и сужается позвоночный канал. Его сагитальный размер уменьшается на 1/2, а дуральный мешок на вершине деформации распластан, напряжен и прижат к передней стенке позвоночного канала [1, 2, 7-9]. Таким образом, все виды флекссионных дислокаций уровня поражений сопровождаются развитием грубых неврологических нарушений и деформаций при нестабильности позвоночника.

Характер деструктивных изменений и дислокаций в КВО, степени вовлечения в процесс спинного мозга, оболочек и стволовых структур, в настоящее время наиболее полно представлены в классификации воспалительных процессов КВО предложенной Lifeso [8] в модификации Behari [3]. Однако они основываются на клинических и морфологических изменениях, и не отражают патобиомеханику пораженного опорно-двигательного сегмента краниовертебральной области.

Для выработки методики лечения воспалительных поражений краниовертебральной области целесообразно основываться не только на морфологических, но и биомеханических изменениях.

Нам представляется обоснованным использование, при воспалительных процессах КВО, концепции Denis [4], выделяющей три опорных столба позвоночника (передний, средний и задний). На основе этой концепции нами разработана трехстолбовая классификация воспалительных поражений краниовертебрального отдела, обосновывающая морфологические и биомеханические изменения пораженного отдела, которые вызваны воспалительными проявлениями и силами напряжения (тоническое состояние мышц и консольное расположение головы). По нашему мнению предложенная модель отражает анатомические и биомеханические нарушения в различных стадиях воспалительного процесса КВО (Рис. 1).

В структуру переднего опорного столба включается передняя продольная связка, передняя дуга атланта, передние 2/3 тела и зубовидного отростка аксиса, апикальная и крыловидные связки, скат основания черепа.

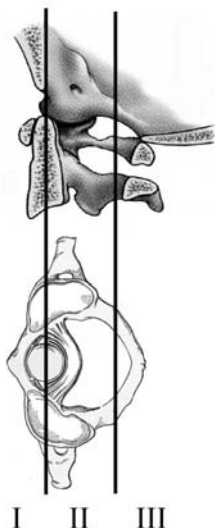
Средний опорный столб включает в себя заднюю 1/3 тела и зубовидного отростка С2 позвонка, крестовидную, поперечную связку, атланта-окципитальные суставы и латеральные атланта-аксиальные суставы.

Задний опорный столб редуцирован и состоит из

**Contact Information:**

Dr. Anatoliy Kiselev

E-Mail: kiselevAM@inbox.ru



**Рис. 1.** Трехстолбовая классификация воспалительных поражений КВО. I – передний опорный столб; II – средний опорный столб; III – задний опорный

дужки С2, задней дуги атланта, атлanto-окципитальной мембраны, задних отделов затылочной кости. При поражении заднего столба не нарушается стабильность окципитоатлантаксиального отдела.

Исходя из этой концепции, в основном опороспособным является средний столб, от степени поражения которого зависит стабильность сегмента. Причем важную роль в сохранении стабильности играет поперечная связка, ограничивающая переднюю дислокацию атлanto-аксиального сочленения. Учитывая редуцированность заднего опорного столба, любое поражение, сопровождающееся разрушением средней или передне-средней опорных структур, приводит к нестабильности этого сегмента.

Следует отметить, что особенностью краниовертебрального перехода является мобильность переднего и заднего опорного столба, которая необходима для обеспечения вращательных движений, однако это нарушает опороспособность этих столбов. Свя-

зочный задний комплекс (межостистая и междужковая связка, желтая связка) этого отдела не развит, а боковые атлanto-аксиальные суставы очень подвижны и их суставные поверхности расположены в горизонтальной плоскости, что создает большой объем горизонтального смещения атланта.

### Результаты

Оценивая сохранность опорных структур при воспалительном поражении КВО согласно предложенной модели, возможен выбор тактики лечения. Так, при отсутствии нарушения опорных структур целесообразно проводить консервативное лечение с иммобилизацией шейного отдела позвоночника жестким воротником сроком на 4-6 месяцев.

При поражении переднего опорного столба с вовлечением в процесс зубовидного отростка, тела аксиса, передней дуги атланта, апикальной и крыловидных связок мы выполняли хирургическое лечение, которое направлено на формирования заднего опорного столба. Это осуществлялось путем окципитоспондилодеза металлопластиковой конструкцией (титановый провод с метилметакрилатом) (Рис. 2).

Особый интерес представляет поражение основного опорного комплекса (средний столб). Наиболее значимой анатомической опорной структурой среднего столба является поперечная связка и задние отделы зубовидного отростка С2 позвонка, при разрушении которых появляется нестабильность и нарастающая деформация атлanto-аксиального отдела с деформацией позвоночного канала. Воспалительные деструктивные поражения изолированно среднего столба встречаются редко, как правило выявляется поражение переднего и среднего опорного комплекса. У этих пациентов выявляется выраженная нестабильность КВО с атлantoаксиальной дислокацией



**Рис. 2.** МРТ после операции окципитоспондилодеза металлопластиковой конструкцией

различной степени, что требует формирования двух опорных комплексов (Рис. 3). Вначале производится стабилизирующая операция вне зоны воспаления и выполняется задний окципитоспондилодез титановой проволокой и костным цементом между затылочной костью и остистыми отростками С2–С4 позвонков (формирование заднего опорного комплекса). Вторым этапом производилась передняя декомпрессивно-стабилизирующая операция трансфарингеальным доступом с санацией полости абсцесса, после которой производился краниоаксиальный или атлantoаксиальный спондилодез (формировался передний опорный комплекс).

### Заключение

Таким образом, предложенная патобиомеханическая модель спондилитов КВО позволяет выработать тактику лечения основанную на формировании



**Рис. 3.** МРТ после операции краниоаксиального спондилодеза (формирование переднего столба) и заднего окципитоспондилодеза (формирование заднего столба). Четкие признаки костного регенерата между передней частью большого затылочного отверстия и остатка тела С3

«искусственных» опорных столбов краниовертебрального перехода.

#### Список литературы

1. Лавров В.Н., Киселев А.М. Атлантоаксиальная дислокация при спондилитах шейного отдела позвоночника // Пробл. туберкулеза.- 2001.- № 9.- С. 42-45.
2. Aruncumar M.J., Rajshekhar V. Outcome in neurologically impaired patients with craniovertebral junction tuberculosis: results of combined antero-posterior surgery // J. Neurosurg (Spine 2).- 2000.- Vol. 97.- P. 166-171.
3. Behari S. Craniocervical tuberculosis: protocol of surgical management // J. Neurosurg.- 2003.- Vol. 52.- N. 1.- P. 72-80.
4. Denis F. // The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries // Spine. - 1983. -Vol.8. - P.817-831
5. Edwards J., David K., Crockad H. Management of tuberculomas of the craniovertebral junction // Br. J. Neurosurg.- 2000.- Vol. 14.- P. 19-22.
6. Fang D., Leong J., Harry S. Tuberculosis of the upper cervical spine // J. Bone Joint Surg. (Br.).- 1983.- Vol. 65 B, № 1.- P. 47-50.
7. Fang H.S., Ong G.B. Direct anterior approach to the upper cervical spine // J. Bone Joint Surg.- 1962.- Vol. 44 A.- P. 1588-1604.
8. Lifeso R. Atlanto-axial tuberculosis in adults // J. Bone Joint Surg. (Br.).- 1987.- Vol. 68.- P. 183-187.
9. Parke W.W., Rothman R.H., Brown M.D. The pharyngovertebral vein: An anatomical rationale for criselés syndrome // J. Bone Joint Surg. Am.- 1984.- Vol. 66.- P. 568-574.
10. Wong L.X. Peroral focal debridement for treatment of tuberculosis of the atlas and axis // Chir. J. Orthop.- 1981.- Vol. 1, N 4.- P. 207-209.

A.M.Kiselev, V.N.Lavrov, P.V.Krotenkov\*, I.V.Esin\*

#### PATHOLOGICAL BIOMECHANICS OF CRANIOVERTEBRAL JUNCTION SPONDYLITIS

Scientific-research institute of Phthisiopulmonology & \*Moscow regional scientific-research clinical institution  
Moscow, Russia

#### ABSTRACT:

The choice of management for craniovertebral junction (CVJ) spondylitis should be based both on morphologic and biomechanical changes of this region. Utilizing biomechanical concept of Denis, we proposed three column model of CVJ, that explain biomechanical changes in spondylitis, caused by the forces of the tonic muscles and cantilever location of the head. Proposed biomechanical model determines the tactics of surgical management, based on restoration of the affected CVJ columns.

#### Key words:

spondylitis, crani-vertebral junction, biomechanics, combined spondylodesis

© L.Ya.Klepper, E.V.Molchanova, 2007

Л.Я.Клеппер<sup>1</sup>, Е.В.Молчанова<sup>2</sup>

## НОВЫЕ МЕТОДЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ОПУХОЛЕЙ НА ОСНОВЕ MLQ-МОДЕЛИ

<sup>1</sup>Центральный экономико-математический институт РАН (ЦЭМИ РАН), г. Москва

<sup>2</sup>Институт экономики Карельского научного центра РАН (ИЭ КарНЦ РАН), г. Петрозаводск  
Россия

#### АБСТРАКТ

В статье описывается процедура создания MLQ модели, которая может быть использована для расчета вероятностей возникновения (отсутствия) лучевых осложнений в печени в зависимости от объема ее облучения и схемы фракционирования дозы во времени.

#### Ключевые слова:

лучевая терапия, математическое моделирование, MLQ модель, радиобиология

Основная цель лучевой терапии (ЛТ) злокачественных опухолей заключается в выборе таких условий облучения, применение которых приведет к необратимому разрушению опухолевого процесса без серьезных (необратимых) лучевых осложнений в нормальных органах и тканях организма. Необходимость выбора рациональных условий облучения опухолевого очага с учетом ограничений на дозы в нормальных органах и тканях, в качестве которых стали фигурировать толерантные дозы (ТД), привели к созданию математических моделей (ММ), описывающих изозффективные толерантные уровни облучения органов и тканей при различных схемах фракционирования дозы (ФД).

В настоящее время одной из наиболее распространенных ММ для планирования курса ФД является линейно-квадратичная модель (LQ модель), которая используется

для описания эквивалентных по толерантности и равномерных во времени схем ФД [1, 2]:

$$E_T = \alpha D + \beta D^2 / N = \alpha D + \beta Dd = D(\alpha + \beta d) \quad (1)$$

где  $d$  – разовая доза,  $N$  – число сеансов облучения,  $D = Nd$  – суммарная доза,  $E_T$  – безразмерная величина,  $\alpha$ ,  $\beta$  – параметры модели.

Мы показали, что традиционная LQ модель, при некоторых разумных предположениях, может быть трансформирована в MLQ модель (модифицированную LQ модель), которая, помимо толерантных доз, позволяет рассчитывать вероятности возникновения лучевых осложнений (ВЛО) в тканях как функций от объема облучения, суммарной дозы и разовой дозы [2]. MLQ модель можно получить в результате ряда последовательных преобразований LQ модели, которые включают в себя четыре этапа и три предположения:

**Этап 1. Ввод в модель однократной толерантной дозы  $D_R$ .** В модели (1) величина  $E_T$  не имеет конкретного радиологического смысла. Вместо нее разумно ввести

#### Contact Information:

Dr. Ekaterina Molchanova

E-Mail: klepper@cemi.rssi.ru; molchanova@karelia.ru