



ДИАГНОСТИКА И ПЛАНИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ПО БИОМЕХАНИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

А.В. Гладков, И.В. Пронских

Новосибирский НИИ травматологии и ортопедии

Представлена методика количественной оценки деформаций шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости и разработанная на ее основе компьютерная диагностика повреждений на протяжении C_2 – C_7 позвонков, пригодные для использования в клинической практике, а также методика дооперационного расчета размеров имплантатов, обеспечивающая полную коррекцию деформации. Для объективной характеристики формы и ориентации шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости использован кинематический анализ позвоночника, ранее разработанный авторами. Для создания нормативной базы данных формы и ориентации шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости по вышеописанной методике обследовано 40 человек (от 20 до 22 лет), не страдающих патологией позвоночника. После проведения статистической обработки данных были получены формализованные характеристики формы и положения позвоночника в сагиттальной плоскости в норме и границ доверительного интервала. Кинематический анализ шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости при его повреждениях послужил основой для разработки формализованных критериев оценки различных патологических состояний шейного отдела по биомеханическим параметрам. По полученным данным составлены коды диагнозов и разработана программа для компьютерной диагностики, основанная на принципе «замок — ключ». Код диагноза формируется автоматически при компьютерной обработке показателей. Дооперационный расчет длины трансплантата (имплантата) для достижения планируемой коррекции кифоза в шейном отделе позвоночника производится по взаимному расположению базальной замыкательной пластинки вышележащего позвонка и покровной замыкательной пластинки нижележащего.

Ключевые слова: шейный отдел позвоночника, биомеханические параметры, диагностика повреждений.

BIOMECHANICAL PARAMETERS IN DIAGNOSIS AND PREOPERATIVE PLANNING OF SURGERY FOR CERVICAL SPINE INJURY

A.V. Gladkov, I.V. Pronskikh

To develop a new technique of quantitative assessment of cervical spine deformation in a sagittal plane and, on its basis, a computer method of C_2 – C_7 injury diagnosis, as well as a technique of preoperative calculation of an implant size for total correction of deformation.

Spine kinematic analysis, developed by authors, was used for unbiased characterization of the cervical spine shape and orientation in a sagittal plane. To create a normative database 40 individuals (age range 20–22 years) without any spine pathology were examined. After statistical data processing the formalized characteristics of the normal spine shape and orientation in a sagittal plane and confidence interval limits were obtained. Kinematic analysis of the injured cervical spine in a sagittal plane was the basis for the development of formalised criteria to assess various cervical spine pathologies with biomechanical parameters. Obtained data were used to develop diagnosis codes and computer diagnostic program of «lock-and-key» type. Diagnosis code is formed automatically during computer processing of parameters of the spine shape and orientation in a sagittal plane. The method of preoperative calculation of transplant (implant) length is presented which allows achieving a planned kyphosis correction in the cervical spine. The transplant (implant) length is calculated by assessment of positional relationship of the lower end plate of the superior vertebra and of the upper end plate of the inferior vertebra. The application of techniques in 158 patients treated for various uncomplicated cervical spine injuries produced good results.

Key words: cervical spine, biomechanical parameters, injury diagnosis, treatment technique.

В клинической практике для диагностики и планирования степени коррекции деформации при повреждении позвоночника вообще и шейного отдела в частности вопрос о форме позвоночника имеет особо важное значение. Форма и пространственная ориентация позвоночника являются интегральным отражением всех кинематических и динамических изменений, возникающих при нарушении в одном из звеньев сегментарного органа, которым является позвоночник.

Неправильная интерпретация сложной рентгенологической картины повреждений позвоночника приводит к ошибкам в диагностике и выборе тактики лечения.

Чтение спондилограмм базируется на личном опыте врача, его субъективных представлениях о норме и патологии, поэтому для количественной оценки этих характеристик используются различные методики расчерчивания рентгенограмм для определения угловых и линейных параметров взаимоотношения позвонков на уровне повреждения [1, 4, 5]. Наибольшее распространение получила методика Cobb [4].

Beck и Killus [3] опубликовали данные о пространственном положении позвоночника, полученные с помощью статистико-математических методов. Хотя эти данные и представля-

ют большой теоретический интерес, в клинической практике они не нашли применения.

Материалы и методы

Исходя из вышеизложенного, мы разработали методику математического описания положения и формы всего позвоночника в сагиттальной плоскости, пригодную для использования в клинической практике [2]. Для ее осуществления производится профильная спондилография пациента в положении стоя. Этот вид спондилографии мы относим к разряду функциональной, так как получаем информацию о позвоночнике в состоянии выполнения им одной из главных своих функций – сохранения ортостатического положения туловища. На спондилограмме отмечаются точки каудодорсального и краниодорсального углов тела каждого позвонка. Начало системы координат соответствует каудодорсальной точке позвонка С7.

Специально разработанная программа позволяет рассчитать ряд унифицированных показателей формы и пространственного положения шейного отдела позвоночника, осуществить визуальный контроль за правильностью ввода координат точек (рис. 1).

Для создания нормативной базы

данных формы и ориентации шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости по вышеописанной методике нами было обследовано 40 человек в возрасте от 20 до 22 лет, не страдающих патологией позвоночника. После проведения статистической обработки данных были получены формализованные характеристики формы и положения позвоночника в сагиттальной плоскости в норме и границ доверительного интервала (табл. 1).

Центральный угол дуги шейного отдела (С2–С7) составил $-48,2 \pm 11,2$ град, а угол наклона ее хорды $-2,2 \pm 4,6$ град.

Анализ этих показателей выявил ряд закономерностей их соотношений. Проведенная статистическая обработка данных обнаружила обратную корреляционную связь между величиной центрального угла шейного лордоза и величиной угла наклона хорды его дуги ($t = 2,8$), иными словами, усиление лордоза в шейном отделе позвоночника сопровождается наклоном его вперед.

Выявлена корреляционная связь между величиной угла наклона тела позвонка в пространстве и величиной центрального угла дуги шейного отдела.

Если для С2 и С3 позвонков эта связь прямая и слабая (1,0), то, начиная с позвонка С4 и ниже, она становится обратной и усиливается

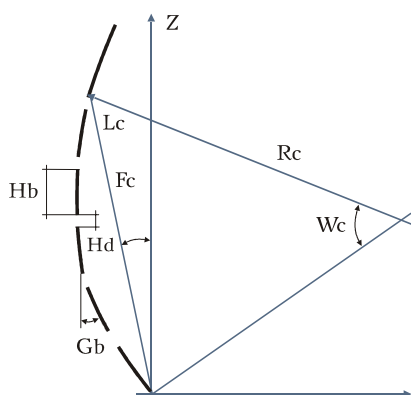


Рис. 1

Схема параметров шейного отдела позвоночника для характеристики его формы и положения в сагиттальной плоскости:

Wc – центральный угол дуги шейного отдела позвоночника; **Rc** – радиус дуги шейного отдела позвоночника; **Lc** – длина хорды дуги шейного отдела позвоночника; **Fc** – угол наклона хорды дуги шейного отдела позвоночника к вертикали; **Hb** – высота тела позвонка; **Hd** – высота диска; **Gb** – угол между смежными позвонками

Таблица 1

Усредненные значения параметров формы и положения шейного отдела позвоночника в норме

Позвонки	Параметры		Сегмент	Параметры		
	Hb, мм	Fb, град.		Gb, град.	Hd, мм	Db, мм
C ₂	66,3 ± 1,2	-21,4 ± 10,9	C ₂ -C ₃	-19,4 ± 5,2	7,3 ± 1,5	-0,6 ± 3,0
C ₃	23,1 ± 10,1	-2,4 ± 5,5	C ₃ -C ₄	-4,4 ± 2,0	7,3 ± 3,2	-1,6 ± 3,0
C ₄	21,4 ± 0,1	2,0 ± 3,5	C ₄ -C ₅	-3,2 ± 3,6	6,6 ± 2,4	-1,3 ± 1,0
C ₅	19,3 ± 0,1	5,2 ± 0,1	C ₅ -C ₆	-1,7 ± 7,8	7,4 ± 1,2	0,7 ± 1,4
C ₆	20,7 ± 0,2	7,0 ± 6,2	C ₆ -C ₇	-5,3 ± 1,2	7,6 ± 3,7	0,0 ± 1,0
C ₇	24,4 ± 0,2	12,2 ± 6,7	C ₇ -Th ₁	—	—	—

Fb — угол наклона тела к вертикали; Db — смещение тела вышележащего позвонка относительно нижележащего в плоскости диска.

по мере снижения уровня позвонка (-1,5; -4,3; -4,7; -5,6). Эта закономерность позволяет утверждать, что форма и пространственная ориентация шейного отдела позвоночника во многом зависят от положения позвонка C₇, а следовательно, и от формы и положения нижележащих отделов позвоночника.

Кинематический анализ шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости при его повреждении послужил основой для разработки критериев оценки различных патологических состояний шейного отдела по биомеханическим параметрам (табл. 2).

По полученным данным составлены коды диагнозов (табл. 3) и разработана программа для компьютерной диагностики, основанная на принципе «замок — ключ». Код диагноза формируется автоматически при компьютерной обработке показателей формы и ориентации позвоночника в сагиттальной плоскости.

При планировании оперативного вмешательства на передних отделах позвоночника перед хирургом всегда встает вопрос, как во время операции убедиться в достаточности корригирующих мероприятий. В большинстве случаев предпринимаются либо максимально возможные корригирующие усилия, либо производится дополнительная интраоперационная рентгенография. Нами разработана методика расчета длины трансплан-

тата (имплантата) для достижения планируемой коррекции кифоза. Поскольку величина кифотической деформации зависит не только от степени компрессии вентрального отдела тела позвонка, но и от снижения высоты смежных межпозвонковых дисков, расчет длины трансплантата (имплантата) производится по взаимному расположению базальной замыкательной пластинки вышележащего позвонка и покровной замыкательной пластинки нижележащего позвонка.

Для достижения желаемого углового взаимоотношения тел позвонков на боковой спондилограмме измеряется пять величин (рис. 2).

Измеренные величины вводят в компьютер и рассчитывают искомые величины по формулам:

$$G = C - B \quad (1);$$

$$C = \arccos \frac{Sb^2 + D^2 + H_1^2}{2 \times Sb \times D} \quad (2);$$

$$B = \arccos \frac{Sh^2 + D^2 + H_1^2}{2 \times Sb \times D} \quad (3).$$

Анализ формы и ориентации шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости после оперативного лечения у 158 человек в отдаленные сроки, от 1 до 5 лет, продемонстрировал, что эти показатели во всех случаях соответствуют норме.

Клинический пример. Больной Г., 45 лет. Диагноз: закрытый неосложненный правосторонний скользящий

подвывих позвонка C₅; двухсторонний верховой опрокидывающийся подвывих позвонка C₆; перелом корня дужки и нижнего суставного отростка позвонка C₅; разрыв C₅-C₆ и C₆-C₇ межпозвонковых дисков (рис. 3).

При поступлении произведено скелетное вытяжение за кости свода черепа скобой Базилевской, которое оказалось неэффективным.

Произведено открытое вправление C₅ и C₆ позвонков по Кловарду и межтеловой спондилодез на уровне C₅-C₆ и C₆-C₇ позвонков межтеловыми эндофиксаторами и ауто-трансплантатами. Их расчетная высота составила 10,0 мм. На контрольных рентгенограммах — полное восстановление анатомических взаимоотношений шейных позвонков (рис. 4).

Заключение

Кинематический анализ формы и ориентации шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости позволил определить границы его нормы и патологии, разработать метод компьютерной диагностики по биомеханическим параметрам и создать методику интраоперационного контроля коррекции кифотической деформации при повреждениях шейного отдела позвоночника.

Таблица 2

Формализованные признаки состояний шейного отдела позвоночника

Параметр	Значение параметра***	Код значения параметра**	Интерпретация
1. Центральный угол дуги C ₂ –C ₇	от –37° до –72°	0	лордоз шейного отдела позвоночника не изменен
	менее –72°	–1	гиперлордоз шейного отдела позвоночника
	от –36° до 0°	1	лордоз шейного отдела позвоночника сглажен
	более 0°	2	кифотизация шейного отдела позвоночника
2. Угол наклона хорды дуги C ₂ –C ₇	от –7° до 1,5°	0	ориентация шейного отдела позвоночника в сагиттальной плоскости не изменена
	более 1,5°	1	шейный отдел позвоночника наклонен вперед
	менее –7°	–1	шейный отдел позвоночника наклонен кзади
3. Высота диска C ₂ –C ₃ ... C ₆ –C ₇	соответствует нормативу для каждого диска	0	высота диска в норме*
	ниже норматива для каждого диска	–1	высота диска снижена *
	выше норматива для каждого диска	1	высота диска увеличена*
4. Высота тела позвонка C ₃ ... C ₇	соответствует нормативу для каждого позвонка	0	высота тела позвонка в норме*
	ниже норматива для каждого позвонка	–1	высота тела позвонка снижена*
5. Угол между телами смежных позвонков C ₂ ... C ₇	соответствует нормативу для каждого сегмента	0	угловое взаимоотношение позвонков в норме*
	ниже норматива для каждого сегмента	–1	имеется усиление лордоза между позвонками*
	выше норматива для каждого сегмента	1	имеется кифоз между позвонками*
6. Угол наклона тела позвонка C ₂ ... C ₇	соответствует нормативу для каждого позвонка	0	ориентация позвонка в сагиттальной плоскости не изменена*
	выше норматива для каждого позвонка	1	тело позвонка в сагиттальной плоскости наклонено вперед*
	ниже норматива для каждого позвонка	–1	тело позвонка в сагиттальной плоскости наклонено кзади*
7. Угол наклона диска C ₂ –C ₃ ... C ₆ –C ₇	соответствует нормативу для каждого диска	0	соотношение позвонков не изменено *
	ниже норматива для каждого диска	–1	тело позвонка опрокинута вперед *
	выше норматива для каждого диска	1	тело позвонка смещено вперед*
8. Линейное соотношение между телами смежных позвонков C ₂ ... C ₇	соответствует нормативу для каждого сегмента	0	смещения тела позвонка нет*
	ниже норматива для каждого сегмента	–1	смещение тела позвонка вперед*
	выше норматива для каждого сегмента	1	смещение тела позвонка кзади*

* для любого позвонка, для любого сегмента позвоночника;

** конкретные данные по каждому позвонку и сегменту в п. 3–8 не приведены;

*** знак «минус» отражает величину центрального угла дуги лордоза и угол наклона по ходу часовой стрелки.

Таблица 3

Коды диагнозов для выявления видов повреждений в шейном отделе позвоночника

Формализованные признаки (код диагноза)	Диагноз
1 (0) и 2 (0) и 3 (0) и 4 (0) и 5 (0) и 6 (0) и 7 (0) и 8 (0)	отклонений от нормы не выявлено
1 (1) и 2 (1) и 3 (-1) и 4 (0) и 5 (1) и 6 (0) и 7 (1) и 8 (-1)	скользящий вывих позвонка *
1 (1) и 2 (1) и 3 (-1 или 1) и 4 (0) и 5 (1) и 6 (0) и 7 (-1) и 8 (-1)	опрокидывающийся подвывих позвонка *
1 (0) и 2 (0) и 3 (0) и 4 (-1) и 5 (1) и 6 (0) и 7 (0) и 8 (0)	перелом тела позвонка *
1 (0) и 2 (0 или 1) и 3 (-1) и 4 (0) и 5 (1) и 6 (0) и 7 (0) и 8 (0)	разрыв диска **

* для любого позвонка;

** для любого сегмента позвонка.

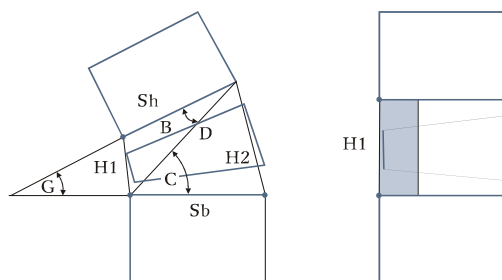


Рис. 2

Схема измерений на спондилограмме для расчета размеров трансплантата:

измеряемые величины:

Sh – сагиттальный размер базальной замыкательной пластинки тела вышележащего позвонка; **Sb** – сагиттальный размер покровной замыкательной пластинки тела нижележащего позвонка; **H1** – расстояние между каудо-вентральным углом тела вышележащего и кранио-вентральным углом тела нижележащего позвонка; **H2** – расстояние между каудодорсальным углом тела вышележащего и краниодорсальным углом тела нижележащего позвонка; **D** – расстояние между каудодорсальным углом тела вышележащего и кранио-вентральным углом тела нижележащего позвонка;

рассчитываемые величины:

G – планируемое угловое взаимоотношение позвонков;**C, B** – вычисляемые промежуточные угловые величины

Рис. 3

Спондилограмма больного Г. при поступлении



Рис. 4

Спондилограмма больного Г. после оперативного лечения

Литература

1. **Абальмасова Е.А.** Сколиоз в рентгенологическом изображении и его измерение // Ортопед. и травмат. 1964. № 5. С. 49.
2. **Гладков А.В., Пронских И.В.** Геометрия позвоночного столба: Актуальные вопросы вертебологии. Л., 1988.

3. **Beck A., Killus J.** Mathematisch-statistische Methoden zur Untersuchung der Wirbelsäulenhaltung mittels Computer // Biomed. Tech. (Berl). 1974. B. 8. P. 72-74.
4. **Cobb J.R.** Scoliosis - guo Vodus // J. Bone Joint Surg. Am. 1958. Vol. 40. P. 507-510.
5. **Fergusson A. B.** The study and treatment of scoliosis // South med. J. 1930. Vol. 23. P. 116.

Адрес для переписки:

Гладков Александр Вячеславович
630091, г. Новосибирск, ул. Фрунзе, 17,
НИИТО,
AGladkov@niito.ru



Кафедра вертебологии ФУВ
Новосибирской государственной медицинской академии
на базе Новосибирского НИИТО
приглашает на курсы послевузовского дополнительного образования

В 2004/05 учебном году для травматологов-ортопедов предлагаются
сертификационные курсы тематического усовершенствования

1. “Хирургия заболеваний и поврежден-
ний позвоночника” продолжительно-
стью 1,5 мес. (200 ч).

Сроки проведения:
15.09.04 – 29.10.04
10.11.04 – 24.12.04
12.01.05 – 25.02.05
15.03.05 – 28.04.05
17.05.05 – 30.06.05

2. “Эндопротезирование и эндоскопи-
ческая хирургия суставов конечностей”
продолжительностью 1 мес. (186 ч).

Сроки проведения:
15.09.04 – 20.10.04
10.11.04 – 15.12.04
12.01.05 – 16.02.05
15.03.05 – 19.04.05
17.05.05 – 21.06.05

Ответственный исполнитель
Нагибин Владимир Иванович
Тел.: (3832) 24-47-77, 22-25-96, 22-93-12
Факс: (3832) 24-55-70, 22-32-04
E-mail: niito@niito.ru, nerpo@medin.nsc.ru